

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Komárek**

Studijní program: N2109 Metalurgické inženýrství

Studijní obor: 2109T033 Slévárenské technologie

Téma: **Vliv složení bentonitových směsí na vlastnosti forem při tepelné expozici**
Influence of bentonite mould mixture composition on mould properties at thermal exposure

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Cíl diplomové práce.
3. Literární rešerše.
4. Experimentální zařízení.
5. Varianty zkoušených bentonitových směsí.
6. Technologické vlastnosti směsí s různými druhy bentonitů.
7. Korelace technologických vlastností a chování forem při tepelné expozici.
8. Diskuse výsledků, splnění cílů práce.
9. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] JELÍNEK, P.; HAVLÍČEK, F.: Kondenzační zóna a její důsledky. *Výzkumná zpráva státního úkolu, č. F-6-41-36/3*, říjen 1970, VŠB Ostrava, HUF.
- [2] HOFMANN, F.: *Technologie der giessereiformstoffe + GF +*. Schaffhausen, 1965.
- [3] BAIER, J.; KÖPPEN, M.: *Handbuch der Gußfehler*. IKO – Erblöh, Marl, 1994.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Vlasta Bednářová, CSc.**

Konzultant diplomové práce: Ing. Jaroslav Beňo, Ph.D.

Datum zadání: 15.09.2010

Datum odevzdání: 29.04.2011

prof. Ing. Tomáš Elbel, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty

Zásady pro vypracování diplomové práce

I.

Diplomovou prací (dále jen DP) se ověřují vědomosti a dovednosti, které student získal během studia, a jeho schopnosti využívat je při řešení teoretických i praktických problémů.

II.

Uspořádání diplomové práce:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Titulní list | 5. Obsah DP |
| 2. Zásady pro vypracování DP | 6. Textová část DP |
| 3. Prohlášení + místopřísežné prohlášení | 7. Seznam použité literatury |
| 4. Abstrakt + klíčová slova česky a anglicky | 8. Přílohy |

ad 1) Titulním listem je originál zadání DP, který student obdrží na své oborové katedře.

ad 2) Tyto „Zásady pro vypracování diplomové práce“ následují za titulním listem.

ad 3) Prohlášení + místopřísežné prohlášení napsané na zvláštním listě (student jej obdrží na své oborové katedře) a vlastnoručně podepsané studentem s uvedením data odevzdání DP. *V případě, že DP vychází ze spolupráce s jinými právníckými a fyzickými osobami a obsahuje citlivé údaje, je na zvláštním listě vloženo prohlášení spolupracující právnícké nebo fyzické osoby o souhlasu se zveřejněním DP.*

ad 4) Abstrakt a klíčová slova jsou uvedena na zvláštním listě česky a anglicky v rozsahu max. 1 strany pro obě jazykové verze.

ad 5) Obsah DP se uvádí na zvláštním listě. Zahrnuje názvy všech očíslovaných kapitol, podkapitol a statí textové části DP, odkaz na seznam příloh a seznam použité literatury, s uvedením příslušné stránky. Předpokládá se desetinné číslování.

ad 6) Textová část DP obvykle zahrnuje:

- Úvod, obsahující charakteristiku řešeného problému a cíle jeho řešení v souladu se zadáním DP;
- Vlastní rozpracování DP (včetně obrázků, tabulek, výpočtů) s dílčími závěry, vhodně členěné do kapitol a podkapitol podle povahy problému;
- Závěr, obsahující celkové hodnocení výsledků DP z hlediska stanoveného zadání.

DP bude zpracována v rozsahu min. 45 stran (včetně obsahu a seznamu použité literatury). Text musí být napsán vhodným textovým editorem počítače po jedné straně bílého nelesklého papíru formátu A4 při respektování následující **doporučené** úpravy - písmo Times New Roman (nebo podobné) 12b; řádkování 1,5; okraje – horní, dolní – 2,5 cm, levý – 3 cm, pravý 2 cm. Fotografie, schémata, obrázky, tabulky musí být očíslovány a musí na ně být v textu poukázáno. Budou zařazeny průběžně v textu, pouze je-li to nezbytně nutné, jako přílohy (viz ad 8).

Odborná terminologie práce musí odpovídat platným normám. Všechny výpočty musí být přehledně uspořádány tak, aby každý odborník byl schopen přezkoušet jejich správnost. U vzorců, údajů a hodnot převzatých z odborné literatury nebo z praxe musí být uveden jejich pramen - u literatury citován číselným odkazem (v hranatých závorkách) na seznam použité literatury.

Nedostatky ve způsobu vyjadřování, nedostatky gramatické, neopravené chyby v textu mohou snížit klasifikaci práce.

ad 7) DP bude obsahovat alespoň 15 literárních odkazů, z toho nejméně 5 v některém ze světových jazyků.

Seznam použité literatury se píše na zvláštním listě. **Citaci literatury je nutno uvádět důsledně v souladu s ČSN ISO 690.** Na práce uvedené v seznamu použité literatury musí být uveden odkaz v textu DP.

ad 8) Přílohy budou obsahovat jen ty části (speciální výpočty, zdrojové texty programů aj.), které nelze vhodně včlenit do vlastní textové části např. z důvodu ztráty srozumitelnosti.

III.

Diplomovou práci student odevzdá ve dvou knihařsky svázaných vyhotoveních, pokud katedra garantující studijní obor neurčí jiný počet. Vnější desky budou označeny takto:

nahore: *Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava*
Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství
Katedra

uprostřed: *DIPLOMOVÁ PRÁCE*

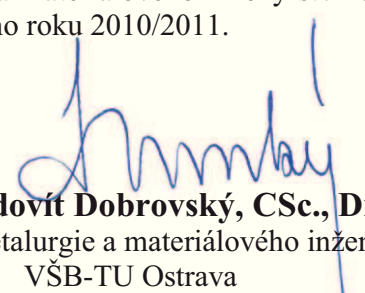
dole: *Rok* *Jméno a příjmení*

Kromě těchto dvou knihařsky svázaných výtisků odevzdá student kompletní práci také v elektronické formě do IS EDISON včetně abstraktu a klíčových slov v češtině a angličtině.

IV.

Diplomová práce, která neodpovídá těmto zásadám, nemůže být přijata k obhajobě. Tyto zásady jsou závazné pro studenty všech studijních programů a forem magisterského, resp. navazujícího magisterského studia fakulty metalurgie a materiálového inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava od akademického roku 2010/2011.

Ostrava 30. 11. 2010


Prof. Ing. Ludovít Dobrovský, CSc., Dr.h.c.
děkan fakulty metalurgie a materiálového inženýrství
VŠB-TU Ostrava

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- jsem byl(a) seznámen(a) s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního (§60 - školní dílo);
- беру на vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude archivována v elektronické formě v databázi Ústřední knihovny VŠB - TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- беру на vědomí, že odevzdáním své diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (Zákon o vysokých školách) bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Místopřisežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval(a) samostatně.

V Ostravě

.....
podpis (jméno a příjmení studenta)

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval doc. Ing. Vlastě Bednářové, CSc. za její odborné vedení, konzultace a čas, který věnovala mé práci. Taktéž bych rád poděkoval Ing. Jaroslavu Beňovi, Ph.D. za jeho náměty a připomínky při provádění laboratorních zkoušek. A rovněž bych chtěl poděkovat prof. Ing. Petrovi Jelínkovi, CSc. za poskytnutí vlastní literatury týkající se zpracovávaného tématu.

Abstrakt

V diplomové práci je posuzován vliv kritického množství (50 %) jádrových směsí (Hot-Box a Cold-Box) na mechanické a technologické vlastnosti jednotné bentonitové směsi před a po tepelné expozici. Zkoumán byl také mechanismus pasivace bentonitu ve směsi po sorpci pyrolýzních produktů. Výsledky nepotvrzují zásadní vliv jádrových směsí na mechanické a technologické vlastnosti směsi v syrovém stavu, ani po tepelné expozici. Nelze ani potvrdit pasivaci bentonitu mechanismem fyzikální sorpce. Měření proběhlo v laboratorních podmínkách, bez praktického ověření výsledků práce v provozu nelze vyloučit, že kontaminace formovací směsi (50 % jader) nebude kritickou pro její další použití.

Klíčová slova: Jednotná bentonitová směs, ostřivo, pojivo, bentonit, Cold-Box, Hot-Box, mechanické zkoušky, technologické zkoušky, DTA/TG analýza, elektronový mikroskop s EDX analýzou.

Abstract

In thesis is assessed effect of critical amount (50 %) core moulding mixture (Hot-Box and Cold Box) to the mechanical and technological properties of bentonite moulding mixture before and after thermal exposure. Also was studied mechanism of passivation bentonite in mixture after sorption of pyrolysis products. Results do not confirm major effect of core moulding mixture to mechanical or technological properties in green mixture, not even after heat exposure. It wasn't possible to confirm passivation bentonite by mechanism of physical sorption. Measurement was carried out in laboratory conditions, without verification of results in practical work it cannot be excluded that contamination of moulding mixture (50 % core sand) won't be critical for its further use.

Keywords: Bentonite moulding mixture, opening material, binder, bentonite, Cold-Box, Hot-Box, mechanical tests, technological tests, DTA/TG analysis, electron microscope with EDX analysis.

OBSAH

1	Úvod	8
2	Cíl práce.....	9
3	Teoretická část	10
3.1	Bentonitové směsi.....	10
3.2	Jílová pojiva, rozdělení, charakteristika	10
3.2.1	Jíly kaolinitické.....	11
3.2.2	Jíly illitické	11
3.2.3	Jíly montmorillonitické.....	11
3.3	Bentonit.....	12
3.3.1	Charakteristika.....	12
3.3.2	Použití.....	13
3.3.3	Produkce bentonitů ve světě a v ČR.....	13
3.3.4	Využití bentonitů ve slévárnách - Jednotná bentonitová směs (JBS).....	13
3.3.5	Rozdělení používaných bentonitů.....	14
3.3.6	Voda v bentonitu.....	14
3.3.7	Vlastnosti bentonitových směsí a jejich ovlivňování	15
3.3.8	Změny vlastností bentonitu po tepelné expozici	18
3.4	Slévárenská pojiva na organické bázi.....	19
3.4.1	Technologie horkého jaderníku HOT-BOX	20
3.4.2	Technologie studeného jaderníku COLD-BOX	23
3.4.3	Vliv zbytků organické jadrové směsi na JBS	25
3.4.4	Metodika měření.....	26
4	Praktická část.....	30
4.1	Použité materiály	30
4.1.1	Ostřiva.....	30
4.1.2	Pojiva	30
4.2	Vyhodnocení a přehled provedených měření	31
4.2.1	Měření po přidavku 50 % Hot-Box jader do JBS bez tepelné expozice	31
4.2.2	Měření po přidavku 50 % Cold-Box jader do JBS bez tepelné expozice.....	33

4.2.3	Měření po přidavku 50 % Hot-Box jader do JBS, celá směs žíhána 350 °C/2h.....	34
4.2.4	Měření po přidavku 50 % Cold-Box jader do JBS, celá směs žíhána 350 °C/2h.....	36
4.2.5	Zkoumání žíhané směsi s 50 % Hot-Box jader elektronovým mikroskopem vybaveným EDX analýzou.	39
4.2.6	Zkoumání žíhané směsi s 50 % Cold-Box jader elektronovým mikroskopem vybaveným EDX analýzou.	41
4.2.7	Zkoumání čisté bentonitové směsi elektronovým mikroskopem vybaveným EDX analýzou.....	44
4.2.8	Měření po přidavku 50 % Hot-Box jader do JBS, celá směs žíhána 350 °C/2h 2x doba mísení	47
4.2.9	Měření po přidavku 50 % Cold-Box jader do JBS, celá směs žíhána 350 °C/2h 2x doba mísení	49
4.2.10	Granulometrický rozbor zkoumaných směsí	51
4.2.11	Diferenční termická analýza a termogravimetrie (DTA/TG)	55
5	Závěr	59
	Seznam použité literatury.....	61
	Seznam obrázků	65
	Seznam tabulek.....	66
	Přílohy	67

1 ÚVOD

I ty nejmodernější postupy výroby forem nadále pracují s bentonitovou formovací směsí. Jedná se o nejefektivnější technologii, která pokrývá více než 70 % [1] všech v současnosti vyráběných odlitků z grafitizujících slitin železa i ocelí. Důvodem je řada technologických, ekonomických a zejména ekologických předností bentonitových směsí. Díky neustálému zvyšování jakosti a používání natrifikovaných bentonitů je pravděpodobné, že si toto dominantní místo udrží i v následujících desetiletích.

Výroba jader se v současnosti nese na vlně organických pojivových systémů. Výhodou těchto směsí je vysoká pevnost při malém obsahu pojiva, čímž se extrémně neodlišují od směsí s vodním sklem, které nahradily. Jejich hlavní předností je nízká teplota termodestrukce, která zajišťuje výbornou rozpadavost jader po odlití. S vyřešením jednoho problému se ovšem objevuje další. V oběhu formovací směsi se jádrová směs velmi snadno dostává do jednotné bentonitové směsi. Takto smíchanou směs již prakticky nelze separovat, proto dochází ke zvyšování koncentrace jádrové směsi v jednotné bentonitové směsi, která je při dalším odlévání opět vystavena tepelnému namáhání. Při tepelné expozici dochází k sorpci produktů pyrolýzy z umělých pryskyřic na povrchu zrna, ty posléze ovlivňují pojivové schopnosti bentonitové směsi. Abychom zabránili degradaci technologických vlastností, je nutno takto kontaminované směsi oživovat.

Předmětem této diplomové práce je zjistit, zda přídavek kritického množství jádrové směsi (50 %) v jednotné bentonitové směsi negativně ovlivňuje její vlastnosti, pokud se ovlivnění neprokáže, nelze hranici 50 % jader ve směsi považovat za kritickou.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je posoudit vliv kritického množství (50 %) dvou vybraných organických systémů (Hot-Box a Cold-Box) používaných pro výrobu jader na technologické vlastnosti jednotné bentonitové směsi a ověřit zda pyrolýzní produkty uvolněné z jádrové směsi při tepelné expozici (350 °C/2hod) ovlivňují pojivové schopnosti použitého bentonitu.

3 TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Bentonitové směsi

V posledních letech se vyvinuly nové formovací postupy k výrobě jakostních odlitků a byly zavedeny do slévárenské praxe. Přesto si formování na syrovo do bentonitových směsí zachovalo vedoucí postavení. Ve světě je s použitím těchto směsí vyrobeno 65-80 % odlitků. Hlavními představiteli jsou litinové a ocelové odlitky. Vývoj probíhá neustále a zřetelně se rozšiřuje použití i na odlitky z lehkých slitin. [2]

Základní složky bentonitových směsí:

- Ostřivo
- Pojivo
- Voda
- Přísady

Hlavní výhody použití bentonitových směsí:

- Relativně nízké náklady na směsi
- Vysoký stupeň opětného použití v oběhu
- Formy není třeba sušit ani opatřovat nátěry
- Dobrá a rovnoměrná jakost odlitků při použití moderních postupů zhutňování
- Použití bentonitu neohrožuje životní prostředí [3]

3.2 Jílová pojiva, rozdělení, charakteristika

Jílová pojiva patří k nejrozšířenějším slévárenským pojivům. Jsou obsažena v přírodních píscích a používají se v čistém stavu k pojení praných písků i umělých ostřiv. Mají výborné technologické vlastnosti, dostatečnou vaznost, pevnost po vysušení a opětovnou použitelnost. Jsou ekonomicky dostupné, nenáročné pro přípravu směsí, jejich deponování je snadné a nezpůsobují hygienické problémy. Ze slévárenského hlediska můžeme jíly rozdělit do tří základních skupin. [4, 5]

3.2.1 Jíly kaolinitické

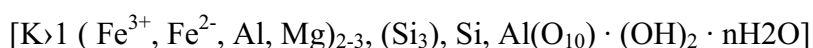
Kaolinit je hlavní složkou horniny kaolínu a žáruvzdorných jíílů.



Kaolinitické jíly se ve slévárenství používají při odlévání masivních ocelových odlitků. Tyto směsi mají jednu velkou nevýhodu: k jejich rozmíchání je potřeba větší množství vody (kolem 12 %), z toho vyplývá nutnost sušit formy, což je z hlediska ekonomiky nevýhodné. [6, 7]

3.2.2 Jíly illitické

Jedná se o slídové jíly, které jsou nejčastěji obsaženy jako doprovodný prvek přírodních písků. Nejdůležitějším minerálem v této skupině je glaukonit.



Směsi se používají sušené, zvláště pro těžké litinové odlitky. [5, 7]

3.2.3 Jíly montmorillonitické

V těchto jílech je jako hlavní složka montmorillonit. Jeden z možných zápisů prvkového vzorce MMT může být:



kde x – množství centrálních atomů Al v tetraedrech

y – množství centrálních atomů Fe^{3+} v oktaedrech

z – množství centrálních atomů Mg (resp. Fe^{2+}) v oktaedrech

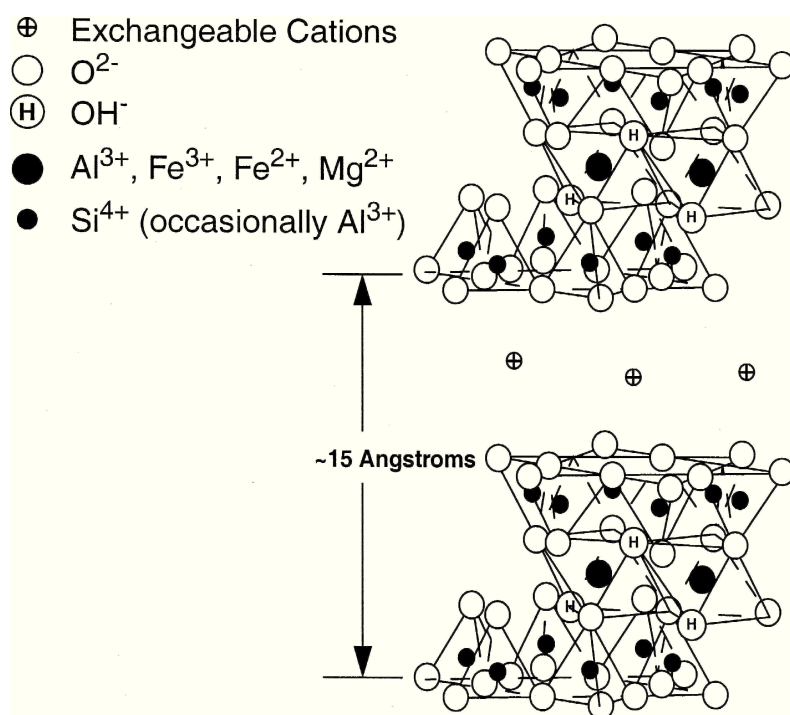
Me^+ - vyměnitelné pozice

Je-li obsah montmorillonitu vyšší než 75-80 %, nazývají se tyto jíly bentonity. Jejich výhodou jsou výborné pojivové vlastnosti, které umožňují připravovat směsi s malým obsahem pojiva a tudíž i s minimálním obsahem vody. Nejrozšířenější využití skýtá jednotná bentonitová směs pro výrobu forem odlitků z oceli i litiny. [6, 8]

3.3 Bentonit

3.3.1 Charakteristika

Bentonit je měkká, velmi jemnozrnná, nehomogenní, různě zbarvená hornina, složená z podstatné části z jílového minerálu montmorillonitu, která vznikla většinou subakvatickým nebo subaerickým zvětráváním produktů bazického (v menší míře i kyselého) vulkanismu. Montmorillonit je nositelem charakteristických vlastností bentonitu jako jsou sorpční schopnosti charakterizované vysokou hodnotou výměny bázi (schopností přijímat z roztoků určité kationty a uvolňovat za ně ze své molekuly Mg, někdy i Ca a alkálie), vnitřní bobtnavost ve styku s vodou, vysoká plasticita a dobrá vaznost. Bentonit dále obsahuje další jílové minerály (kaolinit, illit, beidellit), Fe-sloučeniny, křemen, živce, sopečné sklo, které jsou nežádoucí a úpravou se pokud možno odstraňují. Krystalová struktura je znázorněna na Obr. 1, sestává z vrstev hlinitokřemičitých tetraedrů. [9, 10]



Obr. 1 Struktura buňky bentonitu [11]

Struktura jednotkové buňky bentonitu.

Dvě desky v jednotkové buňce jsou oktaedrické, vrstva kyslíků a hydroxylové skupiny jsou vloženy mezi dvě čtyřboké vrstvy oxidu křemičitého, z nichž každá je uspořádána v hexagonálním prstenci. Díky výměně kationtů mezi deskami může jíl hydratovat, což mu umožňuje absorbovat vodu a bobtnat. [11]

3.3.2 Použití

Použití bentonitu je mnohostranné a řídí se jeho mineralogickým složením a technologickými vlastnostmi. Nejvíce se ho spotřebuje jako pojiva ve slévárenství, kde slouží jako ekologické syntetické pojivo formovacích směsí, dále při peletizaci železných rud, nebo jako sorbent (rafinace, filtrace, vysoušedla, čištění odpadních vod, nosiče pesticidů), do vrtných výplachů, jako plnidla (barvy, laky, farmacie, kosmetika) a suspenze (mazací oleje), ve stavebnictví (těsnicí materiál), zemědělství atd. V současnosti výrazně stoupá spotřeba bentonitu jako sorbentu exkrementů domácích zvířat a pojiva granulovaných krmiv. [9]

3.3.3 Produkce bentonitů ve světě a v ČR

Hlavním světovým producentem bentonitu jsou Spojené státy americké (cca 2 mil. tun/rok), které produkují nejkvalitnější bentonity na světě a disponují i značnými zásobami přírodních sodných bentonitů. Dalšími významnými producenty bentonitu jsou státy bývalého Sovětského svazu, Čína, Německo, Řecko, Japonsko, následuje Itálie, Španělsko, Indie a Turecko. [13]

V ČR patří mezi nejvýznamnější oblasti výskytů ložisek bentonitů východní okraj Doupovských hor (Kadaňsko a Podbořansko) a západní okraj Doupovských hor (Hroznětínsko) a České středohoří (především Mostecko). V těchto oblastech je soustředěna naprostá většina ložisek i zásob bentonitů u nás. Všechny ložiskové výskyty bentonitu na území republiky vznikly zjíváním vulkanických hornin. Česko vytěží ročně kolem 70 000 t bentonitu, což činí přibližně 0,75 % světové produkce bentonitu. Hlavními producenty bentonitu v ČR jsou např. Keramost, a. s., Calofrig Borovany, a. s., Sedlecký kaolin, a. s. [13, 14]

3.3.4 Využití bentonitů ve slévárnách - Jednotná bentonitová směs (JBS)

V mnoha slévárnách se pro výrobu forem používají modelové a výplňové směsi; když se tento dvoustupňový systém opustí, jedná se o jednotnou formovací směs. Princip spočívá v oběhu velkého množství této směsi, která se po vybití z rámu drtí, odmagnetovává, chladí a upravuje, tak abychom opět získali kvalitní směs konstantních požadovaných vlastností. Po tomto procesu již není vyžadována regenerace ostřiv. Jednotná bentonitová směs je nejrozšířenější technologií pro výrobu forem. [14, 5]

Výhody jednotných bentonitových formovacích směsí:

- Relativně nízké pořizovací náklady
- Malá specifická spotřeba materiálu, vysoký stupeň použitelnosti při opakovaném použití
- Vysoká produktivita výrobního zařízení
- Použití bentonitu neohrožuje životní prostředí
- Nízká citlivost vůči kolísání v procesu výroby forem [2]

3.3.5 Rozdělení používaných bentonitů

Bentonity se zásadně dělí na:

Silně bobtnavé Na-bentonity, nazývané bentonity wyomingského typu. Ložiska této suroviny se nacházejí především v USA.

Méně bobtnavé draselné, vápenaté a hořečnaté bentonity případně jejich kombinace. Tyto bentonity lze průmyslově obohacovat sodíkem tzv. aktivací, avšak bobtnací schopnosti aktivovaných bentonitů stále nedosahují takový hodnot jako u bentonitů typu Wyoming. [15]

3.3.6 Voda v bentonitu

Přítomností vody je zajištěna plasticita jílového těsta. Dipólový charakter molekul umožňuje vzájemnou asociaci. Za pomoci vodíkových vazeb se tvoří řetězce s plošnou až prostorovou orientací. [16]

Voda v jílových materiálech je v podstatě dvojitá:

3.3.6.1 Molekulová voda

Voda ve formě molekul H_2O , tvoří asi 10 % hmotnosti minerálu. Nachází se v mezivrstevných prostorech (interkrystalické bobtnání) nebo absorbována na povrchu svazků (paketů) a v pórech mezi svazky částic. Odstranění probíhá až do 250-300 °C za velkého objemového smrštění. Tento děj je reverzibilní. [5]

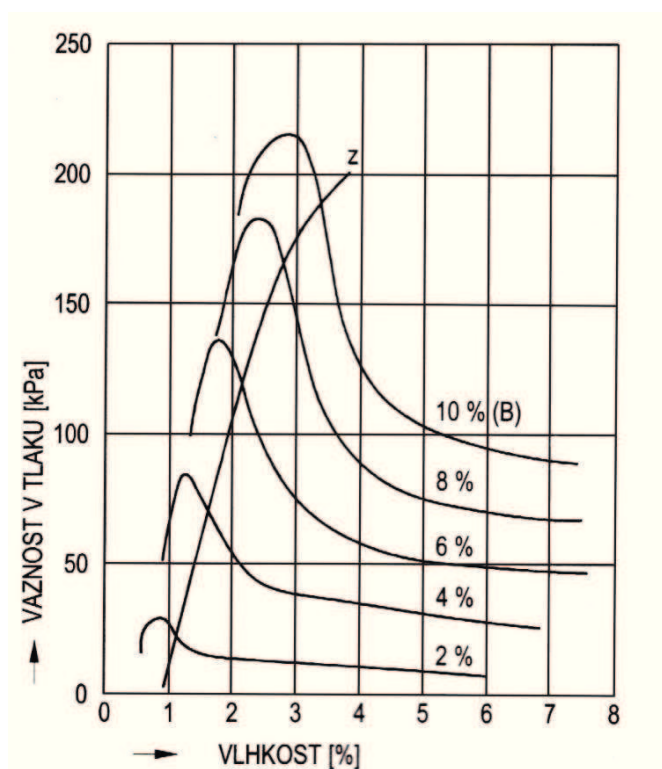
3.3.6.2 Mřížková voda

Voda ve formě skupin (OH^-), je součástí mřížky montmorillonitu. Dehydroxylace probíhá při teplotách vyšších než 400°C a je dějem ireverzibilním. [5]

3.3.7 Vlastnosti bentonitových směsí a jejich ovlivňování

3.3.7.1 Vaznost

Závislost vaznosti bentonitové směsi na obsahu vody je patrný z obrázku číslo 2. Se zvyšujícím se obsahem bentonitu vaznost vzrůstá. Optimální vlhkosti směs dosahuje při maximální prodyšnosti, což je pod maximem vaznosti. Závislost optimální vlhkosti na obsahu bentonitu je vyjádřena téměř přímkovou závislostí (Obr. 2, křivka Z). [4]



Obr. 2 Vaznost bentonitové směsi na obsahu bentonitu a vody [4]

3.3.7.2 Adsorpce vody na povrchu

Dipólové molekuly se značným dipólmomentem jsou přitahovány a orientovány k povrchu elektricky nabitých částí jílu. Kromě sil van der Waalových musíme počítat i s chemickou adsorpcí, způsobenou valenčními silami. Sorpce je doprovázena uvolněním značného množství tepla.

3.3.7.3 Bobtnání

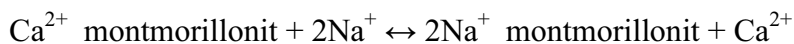
Hlavní příčinou je hydratace výměnných iontů. Na^+ montmorillonity bobtnají několikanásobně více než Ca^{2+} montmorillonity, právě mocnost iontů má pravděpodobně rozhodující význam. [5]

3.3.7.4 Natrifikace bentonitů

Česká republika má bohaté zásoby bentonitických jílů, především s majoritním podílem Ca-Mg montmorillonitu. Nedosahují kvality přírodních Na-bentonitů, smektitů woymingského typu, které jsou charakteristické vysokou koncentrací montmorillonitu, vysokou vazností i termostabilitou, což umožňuje jejich aplikaci při výrobě forem i pro odlitky vyšší váhové kategorie na syrovo. Přiblížit se těmto vlastnostem, znamená převést Ca-Mg bentonity pomocí iontové výměny (natrifikace) na Na-bentonity s vyššími užitnými vlastnostmi.

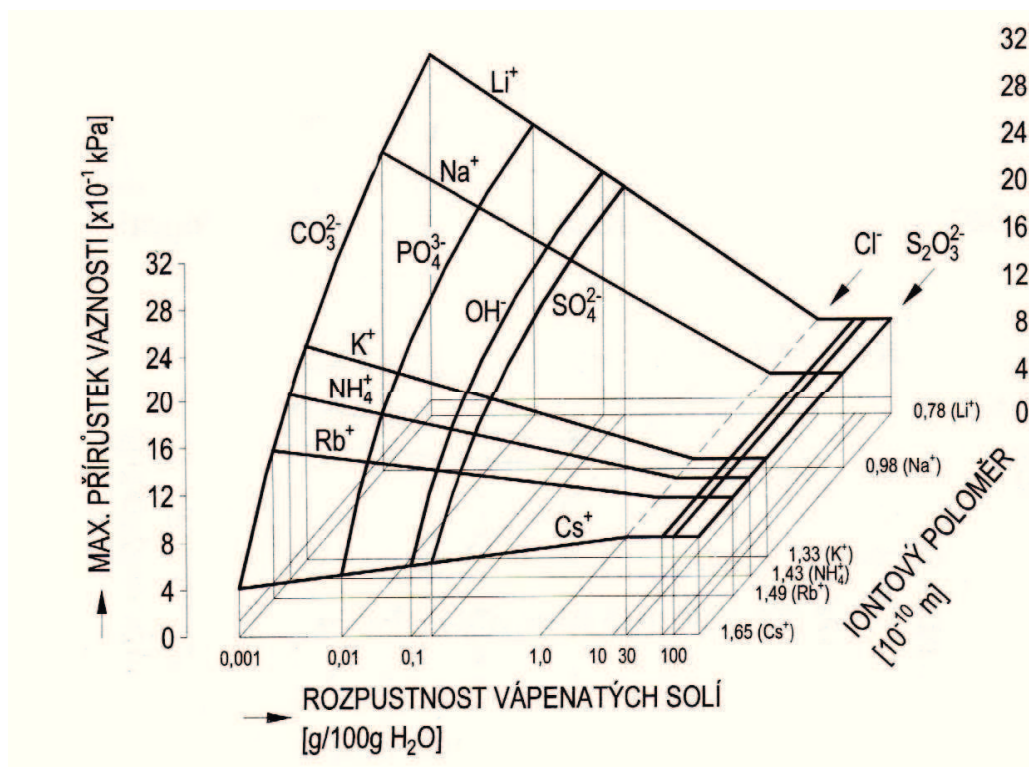
Fyzikálně-chemická podstata procesu natrifikace

Proces natrifikace lze vystihnout zjednodušenou schematickou rovnicí:



Natrifikaci lze provést jakoukoliv sodnou solí (Na^+), ovšem objem výměny iontů je limitován rozpustností vznikajících vápenatých solí (Ca^{2+}). Proto o účinnosti rozhoduje anionitická část sodné soli. Nelze proto úspěšně natrifikovat NaCl nebo vodním sklem. Nejčastěji se používá uhličitan sodný vzhledem k minimální rozpustnosti CaCO_3 ve vodě. [5]

Další podmínkou je iontový poloměr kationtu; čím je menší, tím je jeho účinnost vyšší (viz obr. 3).



Obr. 3 Účinnost různých solí na iontovou výměnu [5]

Vícemocné (Ca^{2+} , Mg^{2+}) méně hydratované kationty působí koagulačně, naopak jednomocné hydratované kationty (Na^+) působí dispergačně, tj. zabraňuje shlukování částic (roste bobtnatost).

Důvody natrifikace

- Zvýšení vaznosti za syrova
- Zvýšená teplota počátku dehydroxylace o 100-150 °C
- Vyšší bobtnavost umožňuje snížit obsah bentonitu na minimum
- Směs má sníženou náchylnost k převlhčení, z čehož plyne zvýšení pevnosti v zóně kondenzace vody [17, 4, 5]

3.3.7.5 Kondenzační zóna vody

Bentonitová směs má ideální obsah vody okolo 5 % - při této koncentraci má dostatečnou pevnost i formovatelnost. V kondenzační zóně stoupne koncentrace vody až k 3,5 násobku její původní hodnoty v závislosti na použité směsi a jejímu navlhčení, důsledkem čehož se výrazně sníží hodnota všech mechanických vlastností, především pevnosti v tahu a stříhu, a tím ke zvýšení sklonu k tvorbě zálupů. [18]

3.3.7.6 Přísady do bentonitových směsí

Přídavkem různých aditiv lze ovlivnit širokou škálu vlastností bentonitové směsi. Může být snížena spěchovatelnost nebo zvýšena pevnost v kondenzační zóně, a tím snížen sklon k tvorbě zálupů. Lze zvýšit houževnatost, rozpadavost po odlití, a zároveň zlepšovat i kvalitu povrchu odlitků. Jako přídavky slouží: sacharidy, škroby, celulosa, dřevěná moučka, oxidanty, grafit a nosiče lesklého uhlíku (pryskyřice, oleje, polystyreny). [4, 16, 3]

3.3.8 Změny vlastností bentonitu po tepelné expozici

Bentonitové pojivo v aktivní tepelné nedegradované formě se podílí na vaznosti směsi. Bentonit však prodělává řadu změn vlivem tepelné expozice a sorpčních pochodů plyných produktů pyrolýzních reakcí, především z organických pojiv jader a uhlíkatých přísad. Důsledkem těchto pochodů se může bentonit vyskytnout ve formovací směsi v následujících formách. [4, 5]

3.3.8.1 Aktivní bentonit

Je pojivo, které neprošlo dehydroxylací a po rehydrataci si zachovává původní pojivové vlastnosti. Rozhoduje o technologických vlastnostech směsi. [4, 5]

3.3.8.2 Latentní bentonit

Jedná se o část aktivního bentonitu nacházející se v prostorách mimo zrnovou obálku, která se na vaznosti začíná podílet až po dokonalém přemísení celé směsi. Obsah latentního bentonitu roste s nadměrným oživováním směsi novým bentonitem, nedokonalým nebo krátkým přemísením. Latentní bentonit se značně podílí na penetraci kovu do forem a snižuje jejich prodyšnost, zhoršuje kvalitu povrchu odlitků. [4, 5]

3.3.8.3 Pasivovaný bentonit

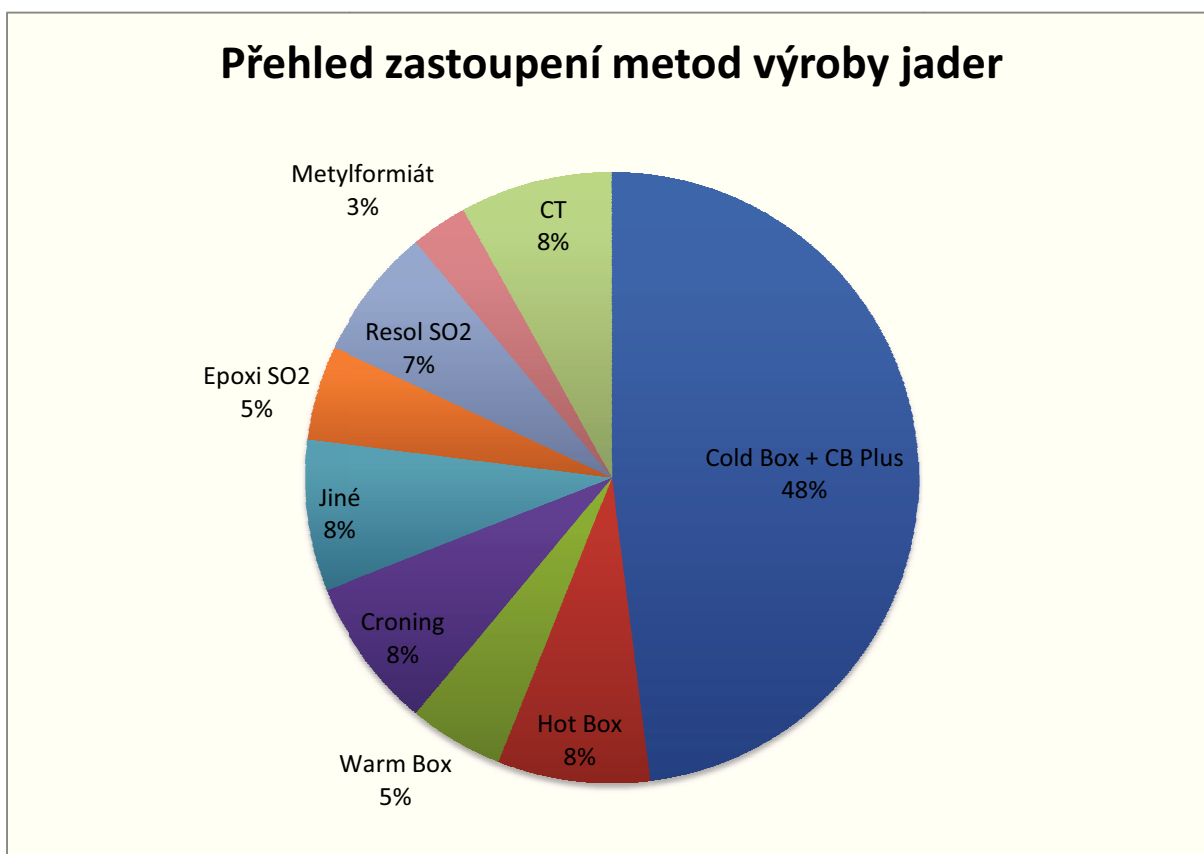
Je část aktivního bentonitu po sorpci pyrolýzních plynů a dehtových produktů uhlíkatých přísad či organických pojiv, který je pasivován proti rehydrataci. Pasivace probíhá mechanismem fyzikální sorpce na základě mezimolekulárních, elektrostatických nebo van der Waalsových sil. Množství adsorbovaného plynu závisí na velikosti silové interakce jeho molekul s bentonitem. Fyzikální sorpce je děj vratný, proto se po přemísení stává pasivovaný bentonit z velké části aktivním. [4, 5]

3.3.8.4 Mrtvý bentonit

Jedná se o tepelně degradovaný bentonit, který ztratil pojivové vlastnosti při vystavení teplotám 300-600 °C. Jeho množství ve směsi stoupá s tepelnou expozicí formy. [4, 5]

3.4 Slévárenská pojiva na organické bázi

Organická pojiva se uplatňují hlavně v přípravě jádrových směsí, protože umožňují výrobu jader novými progresivními postupy. Takto vyrobená jádra se vyznačují vysokou pevností po vytvrzení, nízkou teplotou termodestrukce a výbornou rozpadavostí. Další nespornou výhodou je vysoká stabilita těchto jader umožňující dobrou skladovatelnost. Směsi se také snadno regenerují suchou cestou (pneumaticky a mechanicky). Přehled zastoupení jednotlivých metod pro výrobu jader je uveden na obrázku číslo 4. [4, 19]



Obr. 4 Přehled zastoupení jednotlivých metod výroby jader [19]

Jako slévárenská pojiva se nejvíce používají tři skupiny organických látek:

- Umělé pryskyřice
- Sacharidy
- Oleje

Sacharidy a živočišné oleje jsou v současné době nahrazovány umělými pryskyřicemi a to zejména:

- Fenolickými
- Furanovými
- Močovinovými
- Alkydovými
- Polyuretanovými
- Epoxidovými

Další rozvoj je v současnosti zpomalen vinou zpřísnujících se norem pro životní a pracovní prostředí. Jako další problém se jeví neznalost účinků emisí a imisí, které jsou uvolňovány z pryskyřic a jimž jsou pracovníci dlouhodobě vystaveni. [4, 5]

3.4.1 Technologie horkého jaderníku HOT-BOX

Tato metoda se rozšířila s potřebou velkosériové výroby a automatizací celého procesu výroby jader a odlitků koncem 50. let dvacátého století. Vazná směs je vstřelena do horkého kovového jaderníku, kde se za působení tepla vytvoří velmi přesné jádro.

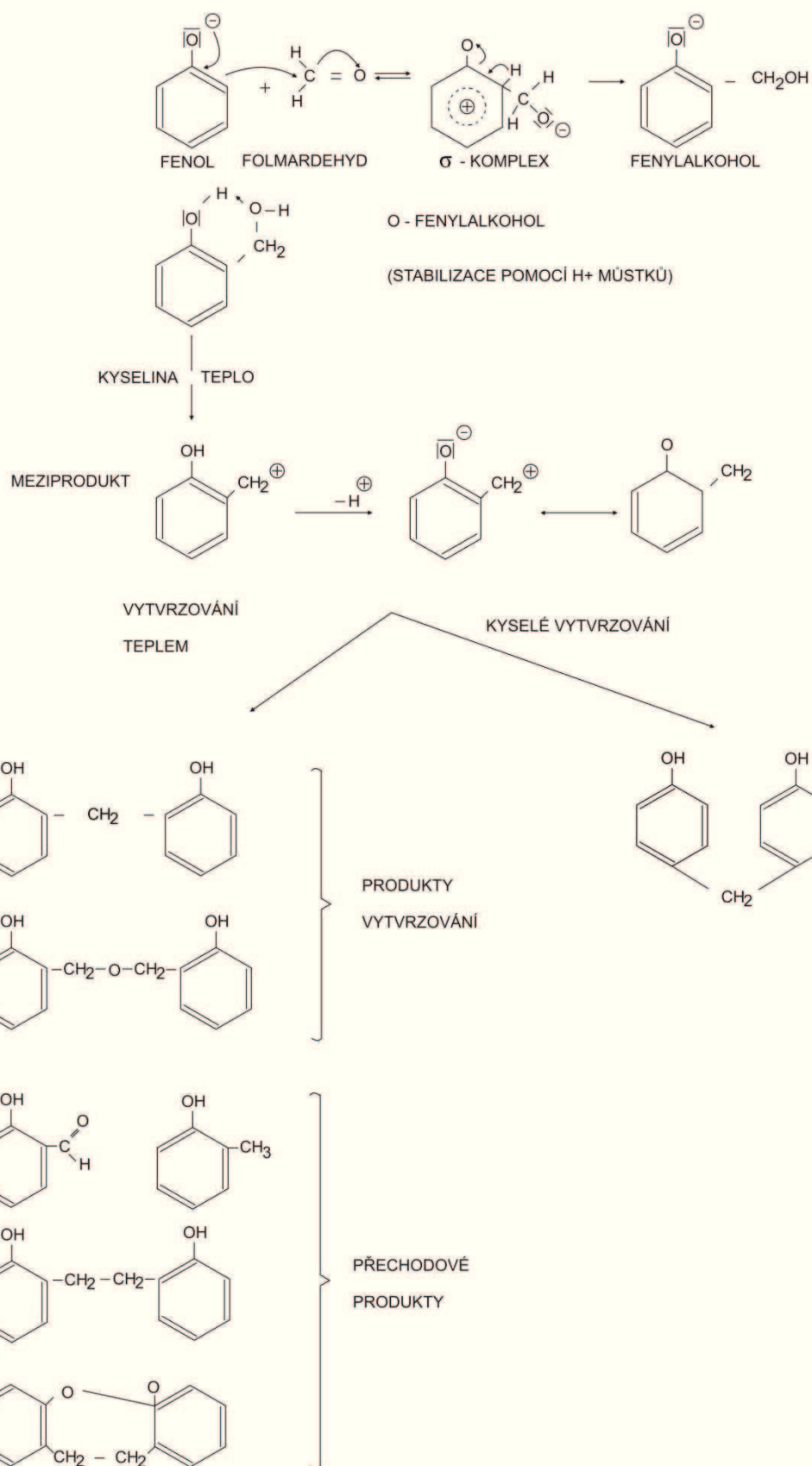
Jako pojiva se u metody horkého jaderníku používají především pryskyřice. Od sacharidových pojiv se upustilo z důvodu jejich navlhání při skladování a často nevyhovujícím pevnostem. Používají se tyto umělé pryskyřice:

- Močovino-formaldehydová
- Melamino-formaldehydová
- Furanová
- Fonol-formaldehydová (resoly)

Vaznou směs tvoří resol, křemenný písek a malé množství kyseliny. Její vytvrzování probíhá od horkého povrchu jaderníku při teplotách 180-300 °C a trvá 15-45 sekund v závislosti na použité směsi a rozměrech jádra. Po uplynutí této doby má již jádro manipulační pevnost. K dotvrzení celého objemu dochází akumulovaným teplem, což je jeden z důvodů, proč lze touto metodou vyrábět pouze plná jádra. [4, 5, 6]

Z chemického hlediska dochází při vytvrzování k řetězení benzenových jader pomocí methylenových můstků. Hlavním produktem kondenzace je i metylenové propojování - CH₂ - O - CH₂-. Pro daný proces je také charakteristický vznik mnoha dalších přechodových produktů. Celý proces polykondenzace v přítomnosti kyseliny a tepla je zakreslen na obrázku číslo 5. [4, 5, 6]

MOLÁRNÍ POMĚR: FENOL-FORMALDEHYD < 1



Obr. 5 Fenol-formaldehydová kondenzace v zásaditém prostředí [5]

Výhody metody HOT-BOX:

- Dobrá rozpadavost jader
- Vysoká rozměrová přesnost
- Nízká zmetkovitost odlitků
- Značná produktivita

Nevýhody metody HOT-BOX

- Zvýšené náklady na jaderníky a energii
- Jádra nejsou rovnoměrně protvrzena, z čehož plyne i nízká manipulační pevnost
- Z jader se při vytvrzování a odlévání uvolňuje nepříjemný zápach
- Uvolňování dusíku při termodestrukce, vznik dusíkových bodlin [4, 19, 8]

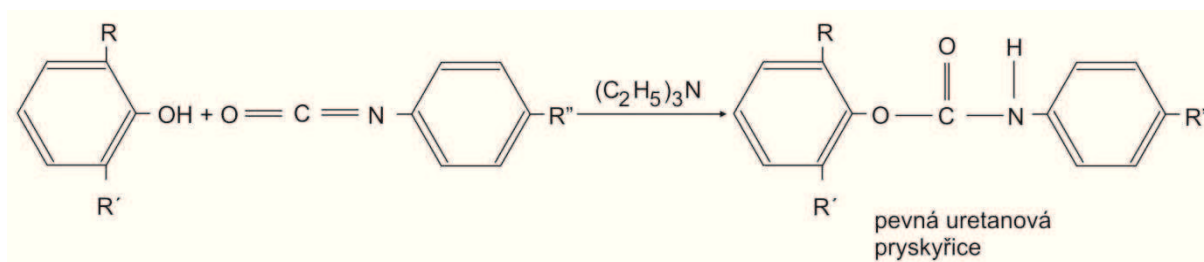
3.4.2 Technologie studeného jaderníku COLD-BOX

Na rozdíl od metody HOT-BOX, která potřebuje pro vytvrzení horký jaderník, a tudíž i energii pro jeho ohřátí, čímž se navýší cena takto vyrobeného jádra, je metoda studeného jaderníku určena pro malosériovou výrobu jader do speciálních dřevěných jaderníků. Byla vyvinuta v roce 1968 pod názvem GISAG COLD-BOX. Princip spočívá v tom, že se resolová pryskyřice dá vytvrdit i za studena v přítomnosti silné kyseliny. V posledních desetiletích se rozšířila do nezastupitelného postavení metoda ASHLAND COLD-BOX. [4, 19]

3.4.2.1 Ashland COLD BOX

Metoda vyvinutá v USA. Jedná se o fenolický uretanový systém vytvrzovaný aminy. Pojivo je tvořeno dvěma kapalnými složkami, které se po vstřelení do jádra spolu se směsí vytvrdí pomocí katalyzátoru ve formě plynného terciálního aminu. První složkou pojiva je vytvrditelná pryskyřice; nejčastěji se jedná o modifikovanou fenolickou pryskyřici. Druhou složkou je tvrdidlo v podobě difenylmetandiizokynátu. [20]

Fenolická pryskyřice a polyizokyanát spolu reagují jen pomalu. K urychlení se používá katalyzátor, nejčastěji triethylamin. Ten působí jen jako katalyzátor, jelikož z reakce vychází beze změny. Reakce pak probíhá okamžitě, vzniká pevná uretanová pryskyřice viz obrázek 6. [4]



Obr. 6 Vznik pevné uretanové pryskyřice z fenolové pryskyřice s polyizokyanátem a triethylaminem [5]

Triethylamin $(C_2H_5)_3N$ je organická kapalina, která těká, zapáchá po čpavku a je zápalná. Jelikož je těžší než vzduch, shromažďuje se u země a platí pro ni ty nejprísnejší hygienické a bezpečnostní předpisy. Samotná reakce vytvrzování probíhá buď jako uzavřený nebo otevřený proces. Při uzavřeném postupu se nespotebovaný katalyzátor nejprve neutralizuje v kyselině fosforečné nebo je spalován v plynovém hořáku. U otevřeného systému se pracuje s pomocí dávkovačů aminů nebo adsorpcí aktivního uhlí. [4]

K vytvrzování lze použít i dalších terciálních aminů:

- DMEA (dimetyletylamin)
- TMA (trimetylamín)
- DMIA (dimetylisopropylamin)

Pro výrobu jader metodou studeného jaderníku je otázka výběru použitého písku stejně důležitá jako při ostatních postupech výroby jader. Ekonomika procesu a kvalita odlitků závisí do jisté míry na použitém písku. V zásadě lze použít všechny žáruvzdorné písky používané ve slévárství. Hlavními představiteli jsou křemičitý, chromitový a zirkonový písek. Směsi musí být dostatečně vysušené, neboť při styku s vodou dochází k rozkladu izokyanátu, čímž se výrazně zkracuje životnost směsi a klesá její vaznost. Teplé písky jsou rovněž nepřijatelné, kritická teplota je 35 °C. [20]

Výhody metody COLD-BOX

- Snížení dávkování pojiv, redukce zanášení jaderníků
- Snížená spotřeba katalyzátorů
- Vysoká odolnost jader proti relativní vlhkosti
- Úspora tepelné energie

Nevýhody metody COLD-BOX

- Omezená možnost regenerace, maximálně 70 % regenerátu
- Při použití vodních nátěrů nutnost dostatečně vysušit
- Nutnost pracovat s naprosto suchými písky nebo regenerátem [4, 19]

3.4.3 Vliv zbytků organické jádrové směsi na JBS

V devadesátých letech minulého století nahradila směsi s vodním sklem organicky pojená jádra, která se vyznačují výbornou rozpadavostí po odlití, díky čemuž se jejich části při vytloukání odlitků na vibračních roštích dostávají do vratné formovací směsi, která je základem JBS. [21]

V procesu výroby se tedy setkávají zásadně rozdílné pojivové systémy. Po odlití projde jádrová směs tepelnou destrukcí a stane se součástí bentonitové směsi, která je také tepelně ovlivněna. V bentonitovém pojivu dochází k fyzikálně-chemickým změnám, které ovlivňují pojivové schopnosti bentonitu. Je to nejen degradace plastických vlastností vlivem dehydroxylace, ale také sorpce kapalných a plynných produktů pyrolýzy z umělých pryskyřic a uhlíkatých přísad. Směs je nutno více oživovat, aby si zachovala stabilní vlastnosti. [22]

Výsledky publikovaných studií, jež se věnovaly vlivu různých typů jádrových směsí na technologické, mechanické a pojivové vlastnosti bentonitových směsí, jsou leckdy rozporuplné:

V roce 1977 provádí Dr. Boenisch na Technické univerzitě v Aachenu výzkum na téma: „Účinek Coldboxu, Hotboxu a Cronningovy metody na vlastnosti bentonitem pojených formovacích směsí“. Zaměřil se na účinek kondenzátů tvořených pyrolýzními produkty zbytků jader, černouhelné moučky a organických látek. Nejvíce negativně působila směs pro studené jaderníky, méně pak směs pro horké jaderníky a nejnižší ovlivnění způsobila směs pro skořepiny. [21, 23]

Roku 1979 provedli J. Plummer, R. Naro a T. J. Zeher výzkum „Vliv jádrových směsí ve směsích na syrovo na jejich vlastnosti“. Dospěli k závěru, že jádrové směsi až do 50 % mohou nahradit nový písek, aniž by došlo k významným změnám vlastností JBS. Zkoumání bylo provedeno z přísadků jádrové směsi, která neprošla tepelnou expozicí. Zbytkové povlaky pískových zrn tepelně neovlivněných jader tedy mohly kladně působit na kvalitu pojení. [21]

Výsledky výzkumu z roku 1982 „Zbytky jader jako náhrada za nový písek pro výrobu forem na syrovo“ provedeném A. L. Grahamem a G. Goodem popisují, že 15 % fenolických hotboxových a fenol-uretanových coldboxových zbytků jader, přimíchaných do nového písku, může sloužit k výrobě nových jader pomocí technologie horkého jaderníku. Pevnost takto vyrobených jader je ovlivněna minimálně. [21]

V roce 2005 provádí F. S. Kvaša a L. P. Tumanova analýzu „Vliv zbytků jader na vlastnosti formovacích směsí“. Autoři uvádí, že základním důsledkem jádrového vratu ve směsi je záměna původního ostříva produkty tepelného a mechanického rozrušení jader. Tyto zbytky pak mění zrnovou strukturu a vnášejí do směsi neaktivní jemné podíly v podobě vyplavitelných látek. Dále bylo stanoveno, že plynové produkty tepelného rozkladu pojiv vnikají do formy a částečně kondenzují na zrnech formovací směsi, a v podobě tenkých filmů se vyskytují i na částicích bentonitu, důsledkem čehož mohou být sníženy pojivové schopnosti JBS a její pevnost. Rozsah takového snížení může být různý, závisí na chemické povaze pojiv a způsobu výroby - nejvíce jádra cold-boxová, poté hot-boxová a nejméně cröningová. Nejvíce se vliv projevuje v syrovém stavu a na pevnosti v kondenzační zóně. Při ověření těchto závěrů v praxi bylo zjištěno, že vliv výparných produktů rozkladu pryskyřice na vlastnosti směsi je jen velmi malý. Velká část vznikajících plynů odchází přes systém odvodu vzdušné formy, známkami, dělicí rovinou nebo kondenzuje v masivních částech jader, odkud se odstraní při vybíjení. [24, 25]

3.4.4 Metodika měření

Při zpracování diplomové práce byly provedeny následující zkoušky pro hodnocení mechanických a technologických vlastností zkoumaných formovacích směsí.

3.4.4.1 Spěchovatelnost

Touto zkouškou se stanovují vlastnosti formovacích směsí, mající rozhodující vliv na její chování při strojní výrobě forem. Hodnotí se pokles výšky volně nasypané směsi vlivem působící síly tří úderů pěchovadla. Hodnota spēchovatelnosti závisí na obsahu vody, stupni promísení a obsahu jemných podílů ve směsi, tudíž i na přídávku čerstvých surovin nebo jádrového písku. Optimální hodnotu lze udržovat přídávkem vody; se zvyšováním jejího obsahu spēchovatelnost roste. Jako zkušební zařízení bylo použito standardní pěchovadlo firmy +GF+ typ PRA, ocelový jaderník o průměru 50 mm, síto o Ø 125 mm s velikostí oka 3,15 mm upevněné na stojanu a ocelové posuvné měřidlo. [26]

3.4.4.2 Odolnost proti otěru

Je důležitá technologická vlastnost. Pokud se sníží odolnost proti otěru, zvýší se riziko poškození formy erozí při odlévání kovu a současně vzroste nebezpečí poškození hotové formy při manipulaci s ní. Odolnost proti otěru se vyjadřuje úbytkem hmotnosti normovaného zkušebního válečku v procentech za předem předepsaných podmínek. Zkouška probíhala na přístroji pro měření otěru MOLDABILITY TESTER firmy DIETERT DETROIT s označením NS1-12RH. [26]

3.4.4.3 Pevnost v tlaku za syrova – vaznost

Vaznost je jedním ze základních ukazatelů jakosti formovacích směsí. Hodnotí se odolnost proti deformaci při působení síly v ose válce na jeho podstavu, při níž dojde k destrukci zkoušeného vzorku. Vaznost při stejném obsahu pojiva závisí na vlhkosti směsi. U použitých bentonitových směsí byla tato hodnota stanovena na 45 ± 3 %. Zkouška probíhala za pomoci těchto přístrojů: standardní pěchovadlo firmy +GF+ typu PRA, přístroj pro měření pevnost s tlakovými čelistmi firmy WADAP typ LRU-1. [26]

3.4.4.4 Pevnost za syrova – pevnost ve štěpu

Pevnost ve štěpu je dobrým ukazatelem opotřebení obíhající směsi. Závisí na obsahu aktivního jílu ve formovací směsi. Je tím nižší, čím nižší je obsah aktivní složky jílu ve směsi za stejných podmínek přípravy formy i formovací směsi. Stanovuje se tlakem působícím v ose válečku do jeho destrukce, ke které však dochází tahovým namáháním; nesmíme však zapomenout na použití vhodné čelisti pro štěp na měřicím přístroji. Zkouška probíhala za pomoci těchto přístrojů: standardní pěchovadlo, přístroj pro měření pevnosti s čelistmi pro stanovení pevnosti ve štěpu firmy WADAP typ LRU-1. [26]

3.4.4.5 Pevnost v tahu v zóně kondenzace vody

Zkouška napodobuje podmínky na lící straně formy, než dojde ke styku s tekutým kovem během odlévání, díky čemuž charakterizuje náchylnost směsi k lícím vadám. Směs upěchovaná na standardním pěchovadle ve speciálním jaderníku s kónickým prstencem se vloží do zkušebního přístroje, který provede automaticky celé měření. Působením tepelného rázu dojde k odpaření vody z povrchové vrstvy a její kondenzaci ve vrstvě následující, přičemž hloubka vysušené vrstvy je závislá na teplotě topné desky a době ohřevu. Vzorek je

pak zatěžován tahem v převlhčeném prostoru. Měření provedeno na přístroji firmy +GF+ typ SPNF 5041. [26]

3.4.4.6 Vlhkost směsi

Znalost vlhkosti formovací směsi je nezbytná pro řízení její kvality, má totiž zásadní vliv na její technologické vlastnosti (vaznost, formovatelnost, houževnatost atd.). Měření by mělo proběhnout do 10 minut od přípravy směsi. Při měření se stanovuje váhový úbytek hmotnosti. Do tzv. sušících vah navážíme 10 gramů vzorku a uzavřeme. Po spuštění probíhá vše automaticky. Po zvukovém signálu lze odečíst přesnou hodnotu vlhkosti v procentech. Zkušební zařízení: MOISTURE ANALYZER typ AND MX-50. [26]

3.4.4.7 Stanovení vyplavitelných látek a síťový rozbor

Podíly ostřiva o průměru menším než 0,02 mm se nazývají vyplavitelné látky, jejichž obsah je důležitým kritériem pro hodnocení formovacích směsí. Postup stanovení je založen na rozdílné rychlosti sedimentace částic ostřiva o různé velikosti a hmotnosti.

K síťovému rozboru se většinou používá ostřivo po stanovení vyplavitelných látek. Na zkoumaném vzorku se zjišťuje pomocí sady sít s odstupňovanou velikostí ok poměr zastoupení jednotlivých frakcí o různé velikosti zrna. Na každém síti se stanoví hmotnostní zůstatek frakce, a vztáhne se k původní hmotnosti celého vzorku a vyjádří se v procentech. Granulometrickou stavbu ostřiva vyjádříme graficky pomocí součtové křivky. Sestrojíme ji tak, že k příslušné velikosti oka vyneseme procento hmotnosti všech zrn zachycených na daném síti a všech nad ním ležících sítích. Měření provedeno na sadě sít firmy +GF+ typ PSA 1764. [26]

3.4.4.8 Elektronová mikroskopie

Elektronový mikroskop je zařízení umožňující sledování povrchů materiálů při velkém zvětšení. Obraz je na rozdíl od optických mikroskopů tvořen pomocí proudu elektronů, které mají kratší vlnovou délku než světlo, což mu umožňuje zobrazit objekty o mnoho menší, než dovoluje optický mikroskop. Odražený proud elektronů se převádí na viditelný obraz. Jeho další výhodou je trojrozměrný obraz, který je možno snadno interpretovat. Při měření byl použit Elektronový mikroskop firmy ASPEX typ PSEM explorer, vybavený EDX analýzou. [27, 28]

3.4.4.9 EDX analýza

Vhodným nástrojem pro studium cizích částic, nacházejících se na zkoumaném vzorku, je elektronový mikroskop ve spojení s EDX analýzou. Ta umožňuje prvkovou analýzu zkoumaného povrchu. Při EDX analýze se na excitaci atomů využívají primární elektrony dopadající na povrch vzorku. Registruje se rtg záření. Úpravou zvětšení mikroskopu lze vymezovat vhodnou plochu, proto se dá zjistit rozmístění prvků v zkoumaném objektu. Analyzátoři umožňují prvkovou analýzu vybraných bodů povrchu vzorku a dá se jimi sledovat také rozložení prvků v povrchové vrstvě vzorku ve zvolené části objektu. Při měření byl použit Elektronový mikroskop firmy ASPEX typ PSEM explorer, vybavený EDX analýzou. [29]

3.4.4.10 Diferenční termická analýza a termogravimetrie (DTA/TG)

DTA/TG patří také mezi dynamické metody. Sleduje pochody, při kterých dochází ke změnám fyzikálních, v některých případech i chemických, vlastností zkoumaného vzorku. Tyto změny jsou provázeny uvolňováním nebo spotřebováváním tepelné energie (tj. exotermické a endotermické pochody). Při DTA se porovnávají změny teplot zkoumaného vzorku se srovnávacím vzorkem, který těmto změnám nepodléhá. Křivka v závislosti na teplotě, resp. čase pak vykazuje extrémy, podle jejichž polohy lze stanovit, zda proběhlý děj byl exotermicky nebo endotermicky. Podle množství uvolněné nebo pohlcené energie, jež je úměrná ploše píku na křivce, můžeme usuzovat na kvantitu součástí ve zkoumaném vzorku. Termogravimetrie slouží k pozorování hmotnostních změn vzorku při jeho zahřívání. Změna hmotnosti vzorku v závislosti na teplotě se zaznamenává. Výsledkem je termogravimetrická křivka studovaného minerálu (označuje se zkratkou TG). Z průběhu TG křivky lze určovat například typ a množství krystalové vody v minerálu. Měření provedeno na přístroji firmy NETZSCH typ: Q – DTA. [30]

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Použité materiály

4.1.1 Ostřiva

Jako základ jednotné bentonitové směsi bylo použito křemenné ostřivo firmy Kerkosand z lokality Šajdíkovy Humence značky Š-ŠH 35. Jedná se o slévárenské ostřivo, které je tříděním upravené, chemicky a fyzikálně standardizované. Zvláště vhodné jsou pro použití ve slévárenství při výrobě formovacích směsí a jader. Obsah SiO_2 je nad 95 %. [31] Granulometrický rozbor ostřiva je uveden v kapitole „Granulometrický rozbor zkoumaných směsí“.

Pro výrobu jader bylo použito křemenné ostřivo firmy Grudzeń Las Sp. z o.o., z lokality Grudzeń Las značky SZ 27.

4.1.2 Pojiva

Jako pojivo v jednotné bentonitové směsi byl použit bentonit firmy Keramost a.s. s označením KERIBENT R. Jedná se o jakostní jemně mletý bentonit s vyššími užitnými vlastnostmi bez nosiče lesklého uhlíku. Má zvýšenou termostabilitu, je určen pro jednotné formovací směsi a je vhodný pro odlévání všech druhů slitin. [32]

Pro výrobu jader metodou horkého jaderníku (HOT-BOX) byla jako pojivo použita fenolová pryskyřice THERMOPHEN 1002. Výhodou této pryskyřice je nízký obsah dusíku, díky čemuž je eliminován vznik dusíkatých bodlin v odlitcích, a vysoká pevnost v ohybu za tepla i studena. Jako katalyzátor posloužil vodný roztok solných kyselin HÄRTER HP 30.

Pro zhotovení jader metodou studeného jaderníku byla jako pojivo použita pryskyřičná komponenta ASKOKURE 300 EP 3929 a polyisokyanát ASKOKURE 600 FW, jejichž spojením se dosáhne optimálních vlastností. Katalyzátorem je triethylamin označený jako KATALYSATOR 704.

Technické listy použitých materiálů jsou k nahlédnutí v příloze této práce.

4.2 Vyhodnocení a přehled provedených měření

Cílem praktické části této práce bylo specifikovat vliv organických jádrových směsí v extrémně vysoké koncentraci (50 %) na jednotnou bentonitovou směs před a po tepelné expozici. Dále pak zjistit mechanismus pasivace bentonitu a případné změny, kterými prošel při tepelné expozici. Pro experiment byla záměrně použita pouze čistá bentonitová směs (bez nosičů lesklého uhlíku aj.), aby bylo vyloučeno ovlivnění zkoumaných směsí těmito produkty. Přehled všech provedených zkoušek a měření je uveden v kapitole „Metodika měření“. Pro prvotní vyhodnocování byly tyto směsi srovnávány s čistou jednotnou bentonitovou směsí, která byla připravena dle následujícího složení:

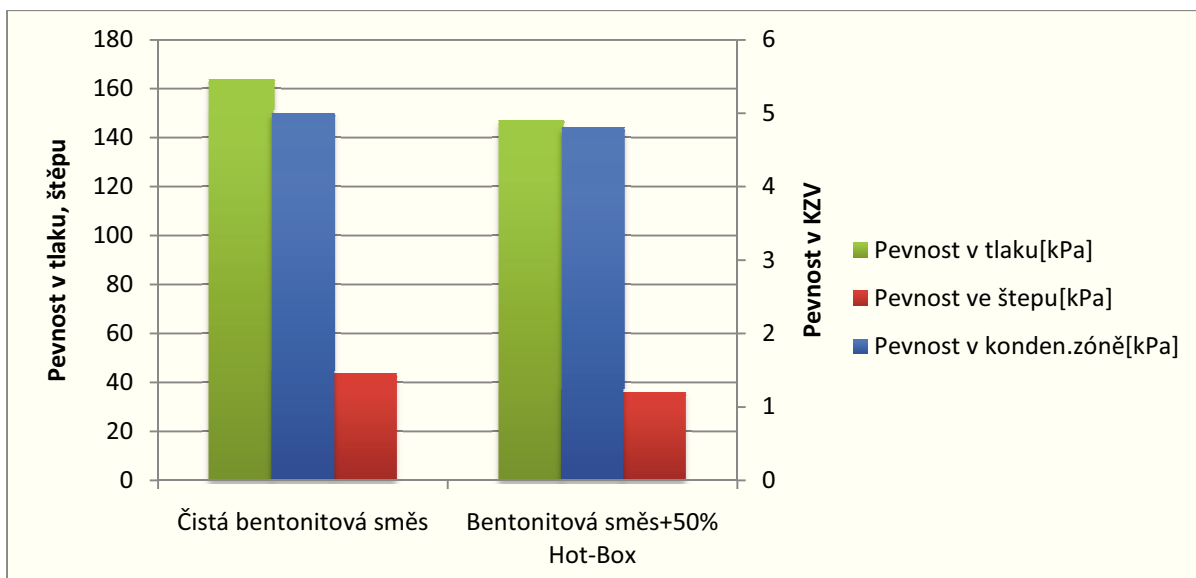
- 100 hmotnostních dílů ostřiva
- 8 hmotnostních dílů pojiva
- Vlhkost směsi byla řízena spěchovatelností, jež byla udržována v rozmezí 45 ± 3 %
- Doba mísení směsi 6 minut

4.2.1 Měření po přidavku 50 % Hot-Box jader do JBS bez tepelné expozice

Zkoumaná směs byla připravena tak, aby byla zachována koncentrace mezi ostřivem a pojivem i po přidání jader. Všechna použitá jádra byla před přidáním do JBS rozemleta a neprošla tepelnou expozicí. Spěchovatelnost byla držena v uvedených mezích a doba mísení se rovněž neměnila, aby nedošlo k ovlivnění mechanických a technologických vlastností zkoušených vzorků důsledkem jejího kumulativního přemísení. Aritmetický průměr naměřených hodnot je uveden v Tabulce 1 a jejich grafické znázornění v následujících grafech (obr. 7, obr. 8). Detailní výpis naměřených hodnot je uveden v příloze.

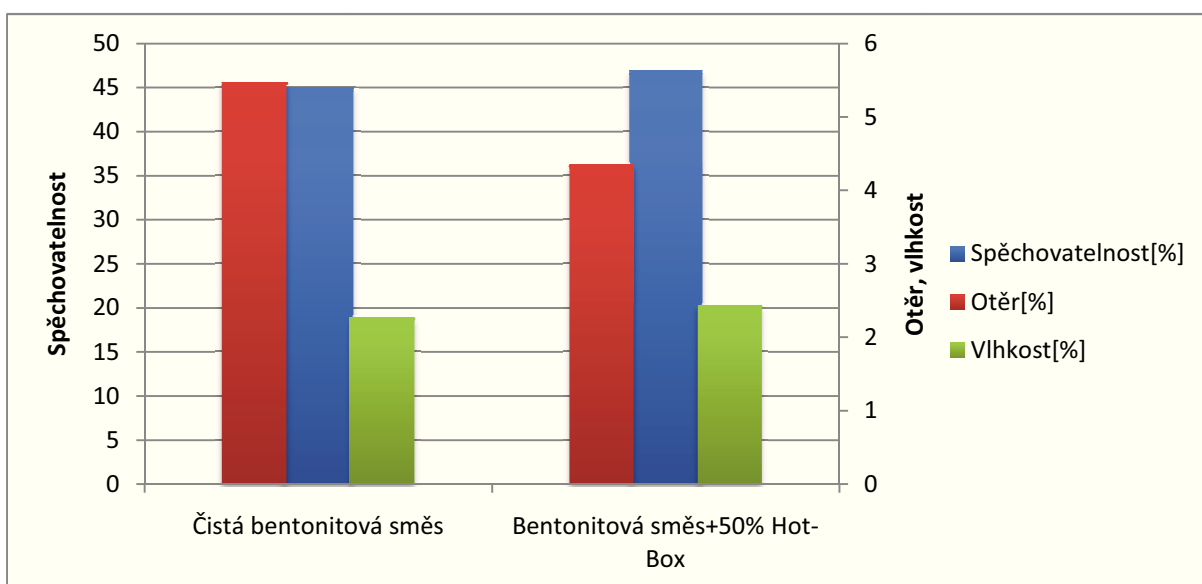
Tab. 1 Průměr naměřených hodnot JBS s přidavkem 50 % Hot-Box jader

Směs	Pevnost v tlaku [kPa]	Pevnost ve štěpu [kPa]	Pevnost v KZV [kPa]	Otěr [%]	Vlhkost při 120°C [%]	Spěchovatelnost [%]
JBS	164	43,7	5,0	5,48	2,27	45
JBS+50% HB jader	147	36,0	4,8	4,35	2,43	47



Obr. 7 Mechanické vlastnosti směsi s přidavkem 50 % Hot-Box jader

Z obrázku vyplývá, že při přidání 50 % HB jader dochází jen k mírnému poklesu všech měřených mechanických vlastností. Jako nejzásadnější se jeví pokles pevnosti v tlaku o 17 %.



Obr. 8 Technologické vlastnosti směsi s přidavkem 50 % Hot-Box jader

U technologických vlastností je patrný pokles hodnoty otěru směsi, což může být způsobeno nárůstem vlhkostí směsi a spēchovatelností.

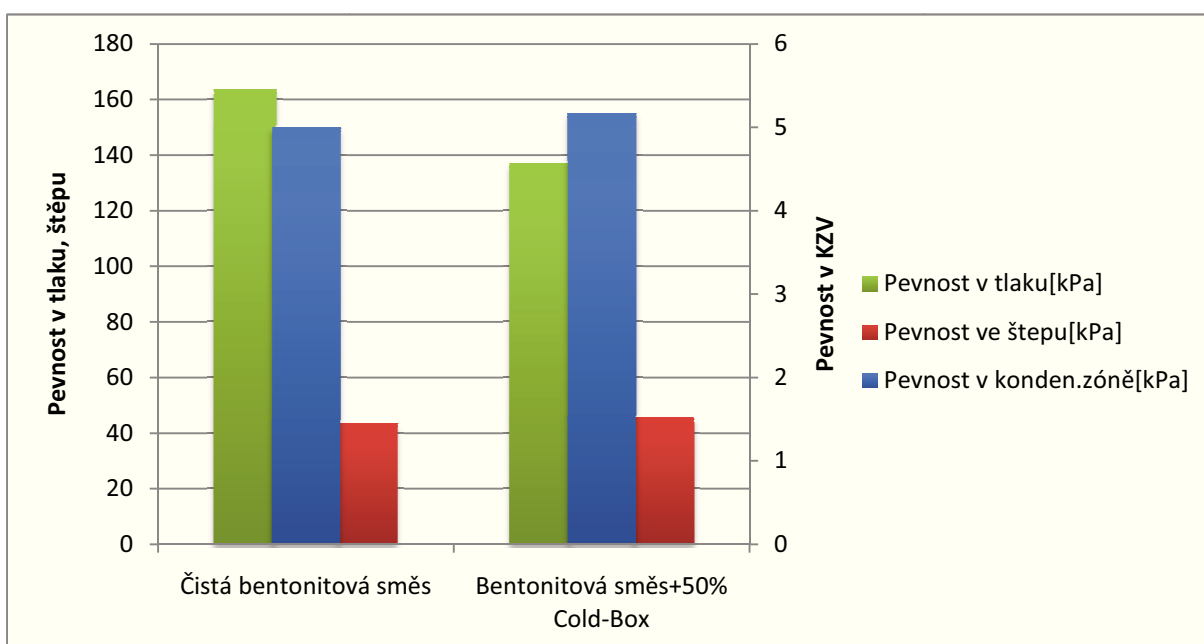
Celkově nelze konstatovat, že přidání 50 % namletých Hot-Box jader do JBS výrazně tlumí mechanické vlastnosti formovací směsi. Tento pokles je tak nízký, že nemůže mít zásadní vliv na vlastnosti celé směsi. Jako další faktor ovlivnění můžeme brát i samotné měření, které je zatíženo chybou.

4.2.2 Měření po přidavku 50 % Cold-Box jader do JBS bez tepelné expozice

Zkoumaná směs byla připravena stejně jako při předchozím měření. Všechna použitá jádra byla před přidáním do JBS rozemleta a neprošla tepelnou expozicí. Aritmetický průměr naměřených hodnot je uveden v Tabulce 2 a jejich grafické znázornění v následujících grafech (obr. 9, obr. 10). Detailní výpis naměřených hodnot je uveden v příloze.

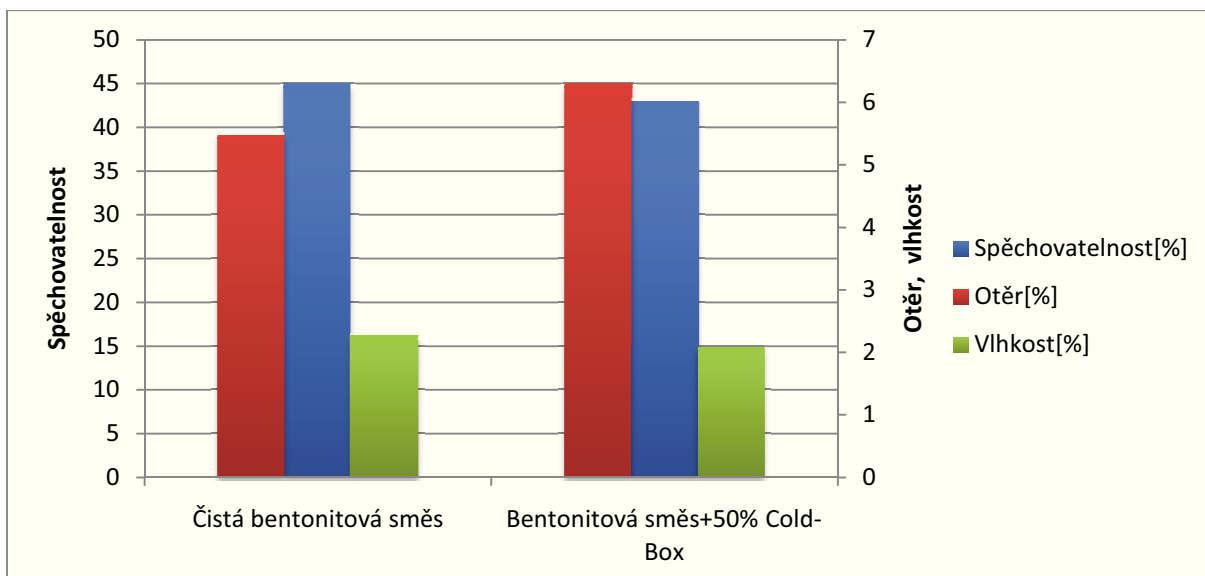
Tab. 2 Průměr naměřených hodnot JBS s přidavkem 50 % Cold-Box jader

Směs	Pevnost v tlaku [kPa]	Pevnost ve štěpu [kPa]	Pevnost v KZV [kPa]	Otěr [%]	Vlhkost při 120°C [%]	Spěchovatelnost [%]
JBS	164	43,7	5,0	5,48	2,27	45
JBS+50% CB jader	137	45,7	5,2	6,30	2,08	43



Obr. 9 Mechanické vlastnosti směsi s přidavkem 50 % Cold-Box jader

Z obrázku je patrný pouze pokles hodnot pevnosti v tlaku o 16 %. Pevnost ve štěpu a pevnost v tahu v kondenzační zóně zůstává prakticky neovlivněna.



Obr. 10 Technologické vlastnosti směsi s přidavkem 50 % Cold-Box jader

Graf vývoje technologických vlastností dokumentuje zvýšení otěru o 13 %. Nejedná se o nijak zásadní nárůst, a tudíž jej nelze přisuzovat větší náchylnosti ke ztrátě povrchové vlhkosti a sklonu k osychání jader.

Při zpětném pohledu na zpracované výsledky provedených zkoušek nelze konstatovat, že by měla kontaminace 50 % jádrových směsí zásadně negativní vliv na formovací směs. Nejvýrazněji se projevil pokles pevnosti v tlaku při přidání 50 % HB jader o 17 %. Naopak slabý nárůst (do 4,5 %) zaznamenala směs s 50 % CB jader v pevnosti ve štěpu a pevnost v tahu v KZV. Tyto výsledky lze ztotožnit se závěry, které ve svém výzkumu uvádí i Plummer [21], který rovněž použil jádra, která nebyla vystavena tepelné expozici.

4.2.3 Měření po přidavku 50 % Hot-Box jader do JBS, celá směs žíhána 350 °C/2h

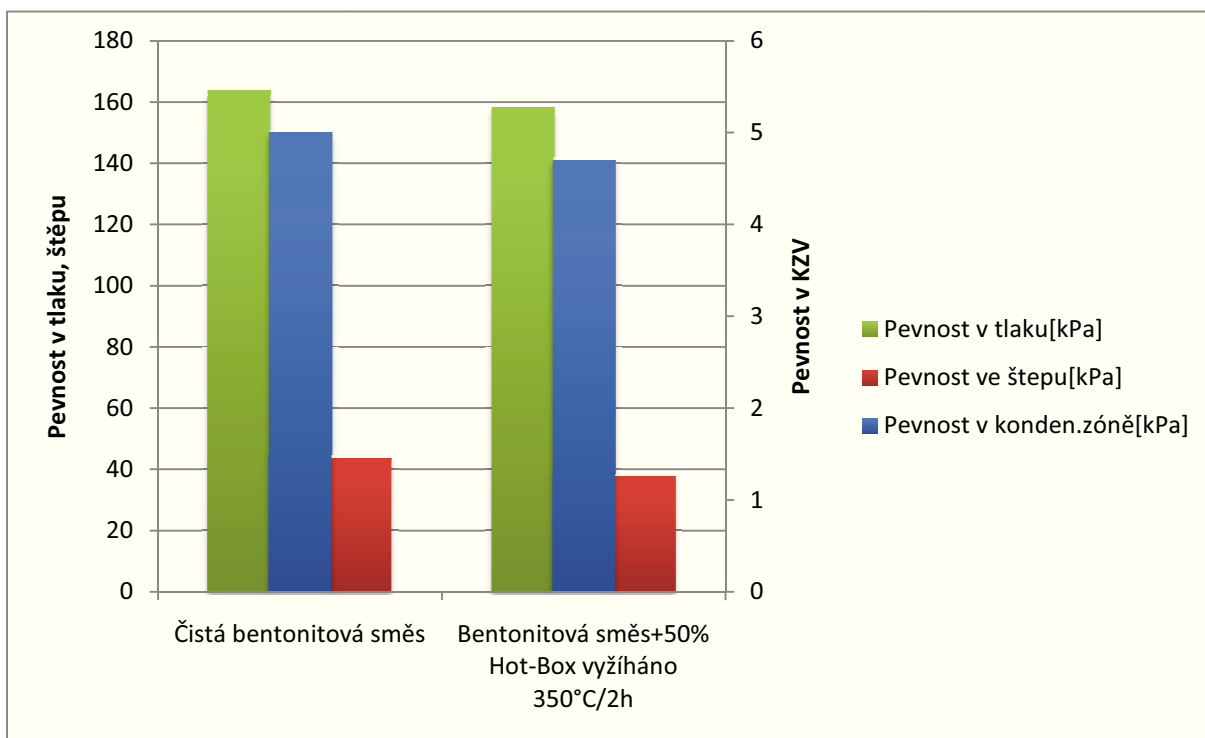
Dalším úkolem projektu bylo zkoumání vlivu přítomnosti organických jader ve směsi po tepelné expozici. Ta by měla být příčinou uvolňování pyrolýzních produktů z jader, díky kterým by se měl projevit jejich degradační účinek na vlastnosti formovací směsi. Teplota žíhání byla zvolena tak, aby ještě nedocházelo k dehydroxylaci bentonitu (možnost ovlivnění jeho pojivových schopností), ale aby již započal termický rozklad pryskyřic a uvolňování pyrolýzních produktů. Aritmetický průměr naměřených hodnot je uveden v Tabulce 3 a jejich grafické znázornění v následujících grafech (obr. 11, obr. 12). Detailní výpis naměřených hodnot je uveden v příloze.

Příprava směsi pro provedení zkoušek probíhala dle následujících kritérií:

- Do JBS, která byla připravena standardně jako v minulých měřeních bylo přidáno 50 % namletých Hot-Box jader
- Směs byla dalších 6 minut mísená
- Následně byla směs vložena do předehřáté pece na 350 °C po dobu dvou hodin, vychladnutí směsi proběhlo v peci
- Po vyjmutí z pece byla svrchní vrstva směsi, která byla vystavena pecní atmosféře odstraněna, aby neovlivnila měření
- Směs opět 6 minut přemísena a navlhčena pro dosažení hodnot spěchovatelnosti $45 \pm 3 \%$

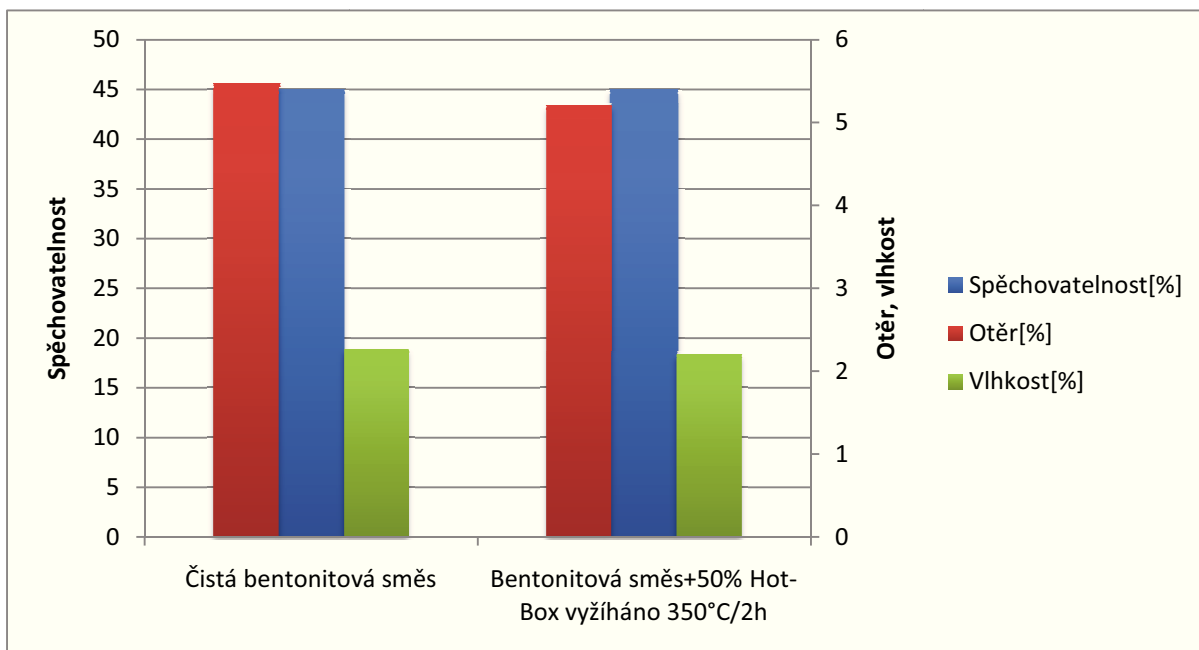
Tab. 3 Průměr naměřených hodnot JBS s přídavkem 50 % Hot-Box jader

Směs	Pevnost v tlaku [kPa]	Pevnost ve štěpu [kPa]	Pevnost v KZV [kPa]	Otěr [%]	Vlhkost při 120°C [%]	Spěchovatelnost [%]
JBS	164	43,7	5,0	5,48	2,27	45
JBS+50% HB jader	158	37,7	4,7	5,21	2,21	45



Obr. 11 Mechanické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Hot-Box jader

Měření opět prokázalo mírný pokles všech mechanických vlastností oproti tepelně nezatíženému standardu. Nevýznamnější pokles byl u pevnosti ve štěpu 13 %, zbylé hodnoty pevnosti poklesly maximálně 6 % při srovnání s čistou JBS. Takto nízký úbytek nelze vzhledem k rozptylu měření a možnosti chyby s jistotou připsat uvolněným pyrolýzním produktům.



Obr. 12 Technologické vlastnosti směsi s přídatkem 50 % Hot-Box jader

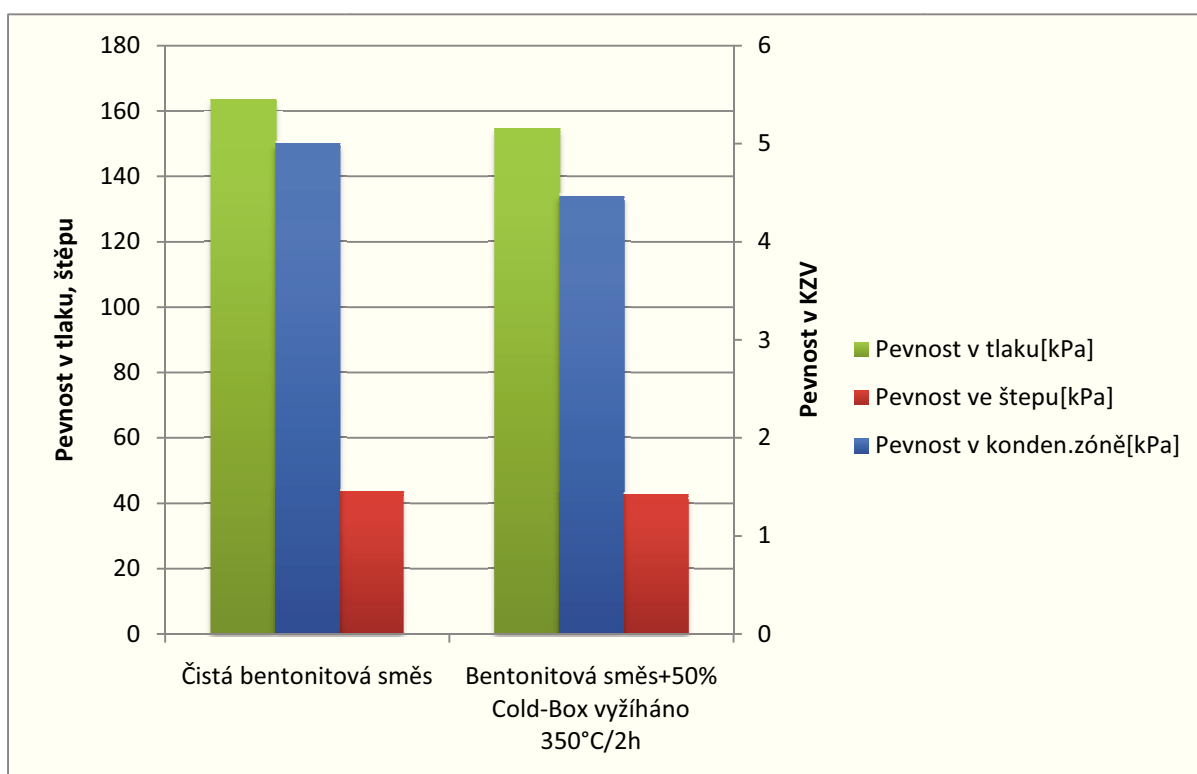
Ani u technologických vlastností neshledáváme žádnou razantní změnu. Hodnota otěru a vlhkosti směsi při stejné spěchovatelnosti zůstává prakticky nezměněna.

4.2.4 Měření po přídatku 50 % Cold-Box jader do JBS, celá směs žehána 350 °C/2h

Tato sada vzorků byla připravena stejně jako předcházející. Teplota žehání byla zvolena tak, aby ještě nedocházelo k dehydroxylaci bentonitu, ale aby již započal termický rozklad pryskyřic a uvolňování pyrolýzních produktů. Aritmetický průměr naměřených hodnot je uveden v Tabulce 4 a jejich grafické znázornění v následujících grafech (obr. 13, obr. 14). Detailní výpis naměřených hodnot je uveden v příloze.

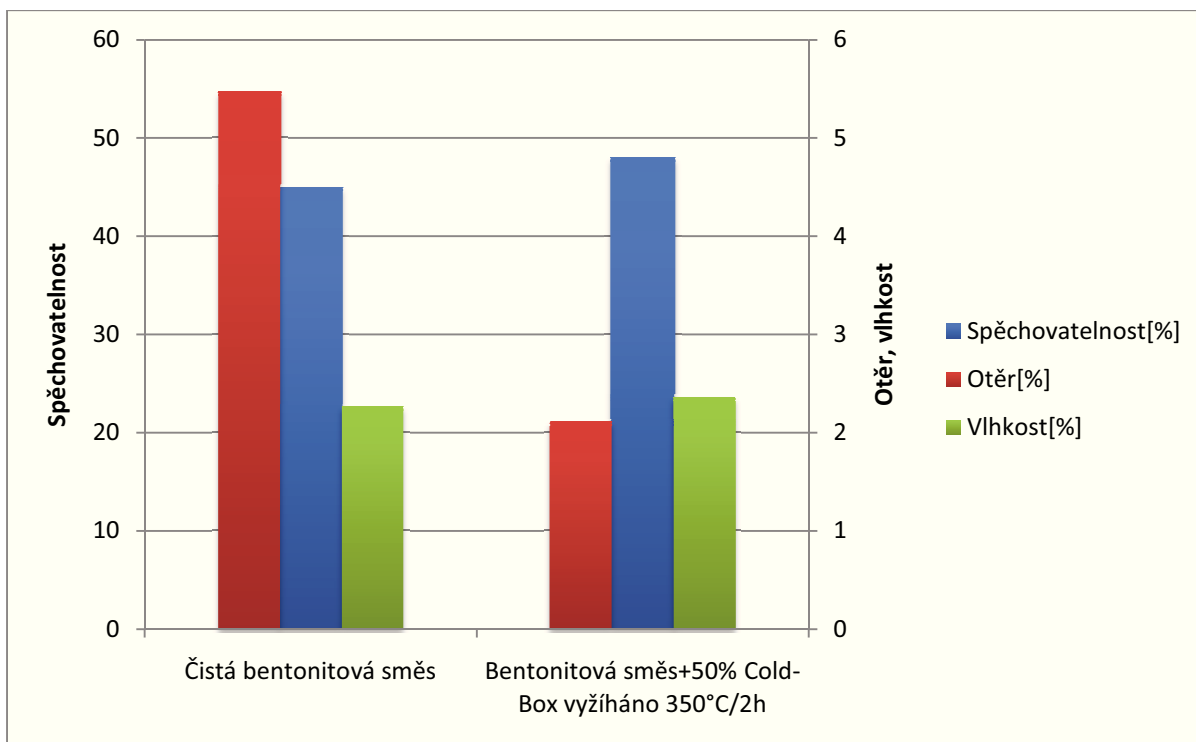
Tab. 4 Průměr naměřených hodnot s přidavkem 50 % Cold-Box jader

Směs	Pevnost v tlaku [kPa]	Pevnost ve štěpu [kPa]	Pevnost v KZV [kPa]	Otěr [%]	Vlhkost při 120°C [%]	Spěchovatelnost [%]
JBS	164	43,7	5	5,48	2,27	45
JBS+50% CB jader	155	42,7	4,5	2,12	2,36	48



Obr. 13 Mechanické vlastnosti směsi s přidavkem 50 % Cold-Box jader

Z grafu jasně vyplývá, že ani u směsi kontaminované 50 % CB jader nedošlo k výraznému ovlivnění mechanických vlastností. Což je v nesouladu s výsledky, které prezentuje [23]. Na druhou stranu [25] uvádí, že při praktickém ověřování jeho pokusu ve slévárně nedošlo k žádnému poklesu mechanických vlastností, ba dokonce k jejich zvýšení.



Obr. 14 Technologické vlastnosti směsi s přídatkem 50 % Cold-Box jader

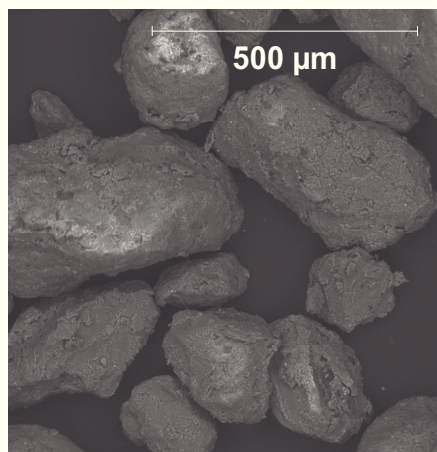
U technologických vlastností vidíme zajímavou anomálii. Při minimálním zvýšení vlhkosti směsi došlo k enormnímu poklesu otěru o více než dvojnásobek oproti původní hodnotě. Pro toto náhlé snížení neexistuje logické opodstatnění. Vzhledem k relativně malému rozptylu při měření nelze poukazovat ani na tuto skutečnost. K problému možno poukázat na jistou nehomogenitu části směsi vzhledem k tomu, že se jedná o polydisperzní materiál. Dále lze poukázat na možnost chyby při vlastním měření otěru.

Ani po tepelné expozici směsí s přídatkem Hot-Box a Cold-Box jader nelze hovořit o jejich zásadním vlivu. Toto lze také přisoudit použitému bentonitu KERIBENT R, který má zvýšenou termostabilitu (do 550 °C) a optimalizované užité vlastnosti. [32]

Pro kontrolu, zda došlo k uvolňování pyrolyzních produktů z jádrových směsí, byla vyžehaná směs podrobena zkoumání na elektronovém mikroskopu, který byl vybaven EDX analýzou pro určení a kvantifikaci prvků na jednotlivých zrnech formovací směsi. Pokud byla na snímku z mikroskopu zjištěna přítomnost uhlíku na povrchu zrna, byla v tomto místě provedena EDX analýza. Bod, ve kterém byla provedena analýza, je na obrázku označen bílým křížkem. Pořízené snímky jsou umístěny na následujících obrázcích (obr. 15, 16). Výsledky EDX analýzy jsou uvedeny v Tabulkách 5, 6.

4.2.5 Zkoumání žíhané směsi s 50 % Hot-Box jader elektronovým mikroskopem vybaveným EDX analýzou.

250x



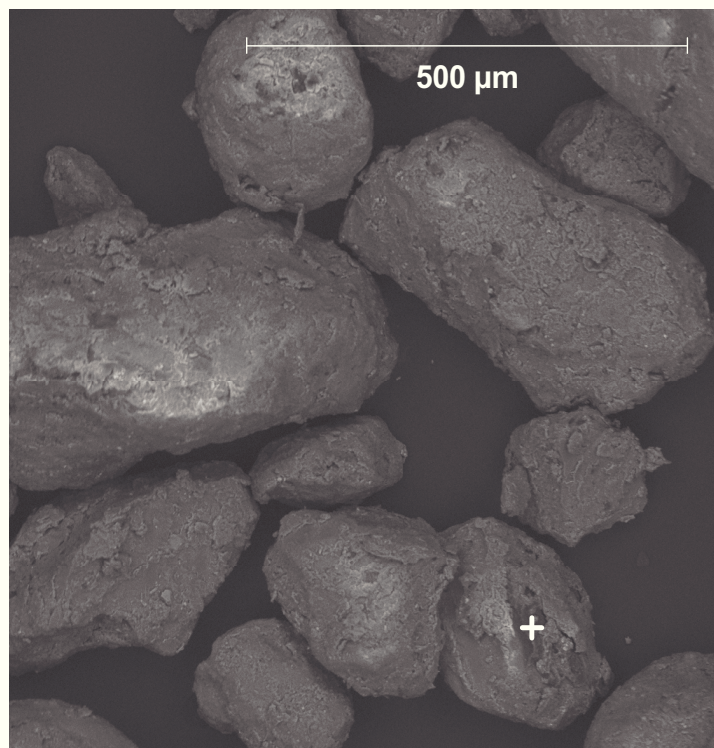
BSE

accelerating voltage = 20.0 kV

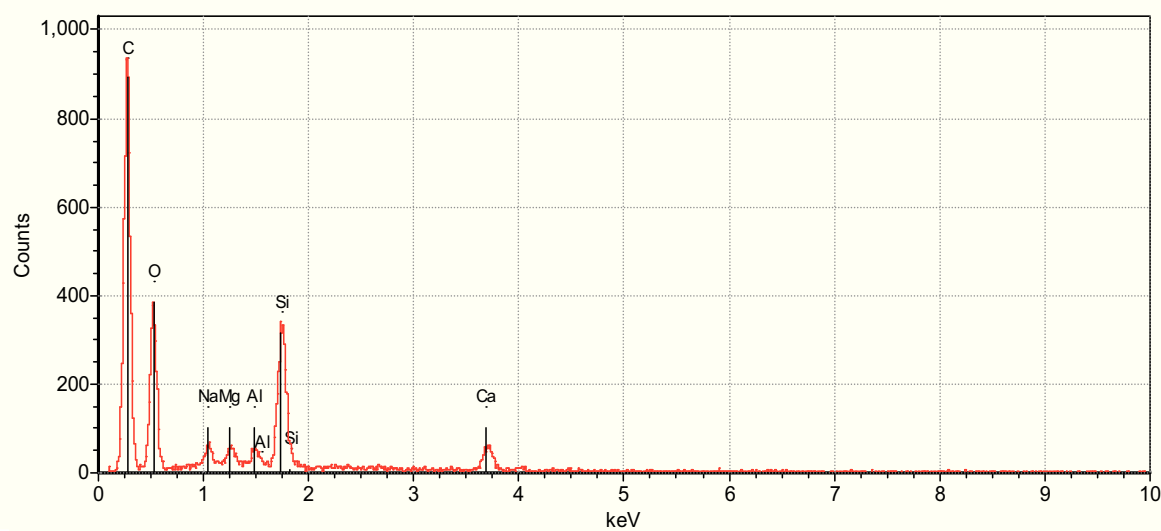
working distance = 18.0 mm

spot size = 20.0%

live time = 62.19



BSE



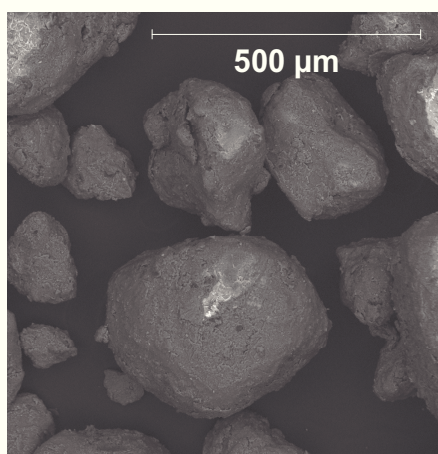
Obr. 15 JBS s 50 % Hot Box jader pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy

Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech, uvedeny pouze prvky s obsahem nad 1 %

Tab. 5 Obsahy prvků v místě EDX analýzy

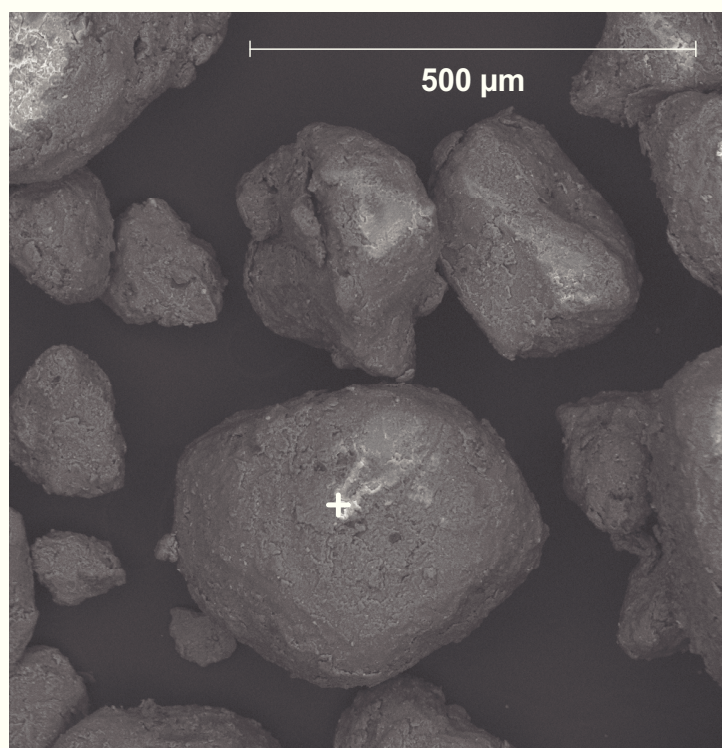
Prvek	C	O	Na	Si	Ca
Obsah [%]	50,43	40,3	1,2	3,1	1,1

250x

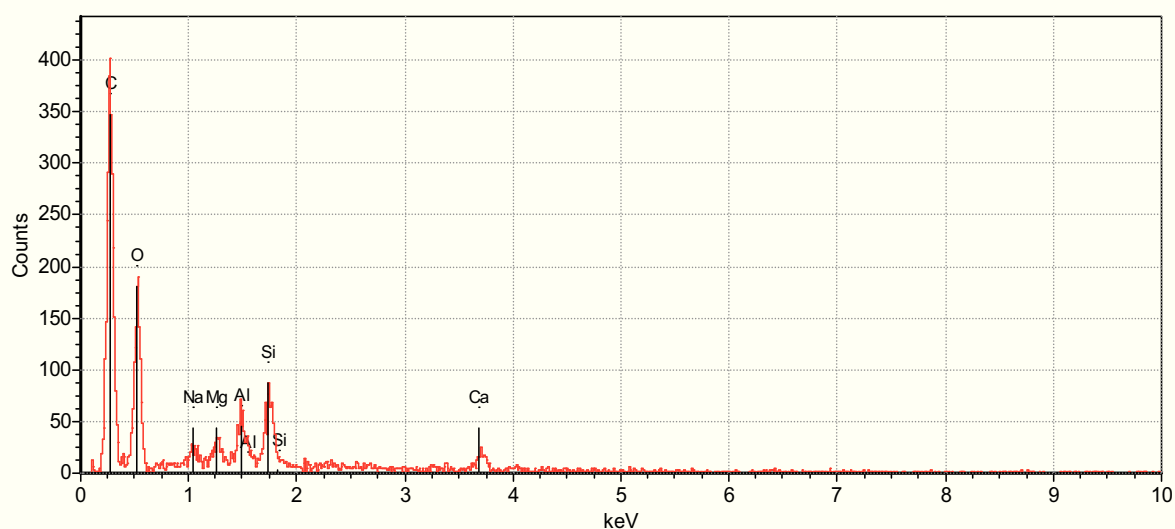


BSE

accelerating voltage = 20.0 kV
working distance = 17.8 mm
spot size = 20.0%
live time = 61.34



BSE



Obr. 16 JBS s 50 % Hot Box jader pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy

Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech, vypsány pouze prvky s obsahem nad 1 %.

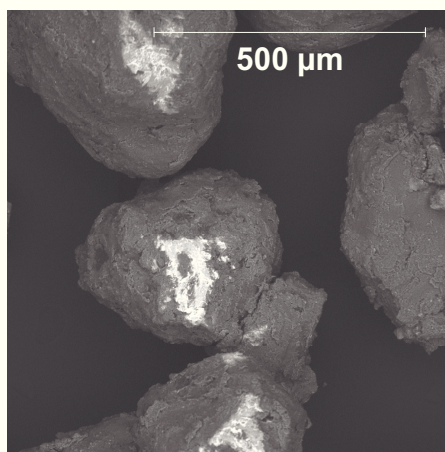
Tab. 6 Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech

Prvek	C	O	Al	Si
Obsah [%]	51,4	45,9	1,1	1,6

Z obrázků a EDX analýzy je jasné patrné, že se na zrnech místně nachází uhlík o vysoké koncentraci. Na základě bodové analýzy chemického složení se pravděpodobně jedná o film lesklého uhlíku, který se vyloučil v důsledku pyrolýzy (tepelné expozice) organických pryskyřic.

4.2.6 Zkoumání žíhané směsi s 50 % Cold-Box jader elektronovým mikroskopem vybaveným EDX analýzou.

Pořízené snímky z mikroskopu jsou umístěny na následujících obrázcích (obr. 17, 18). Výsledky EDX analýzy jsou uvedeny v Tabulkách 7, 8.



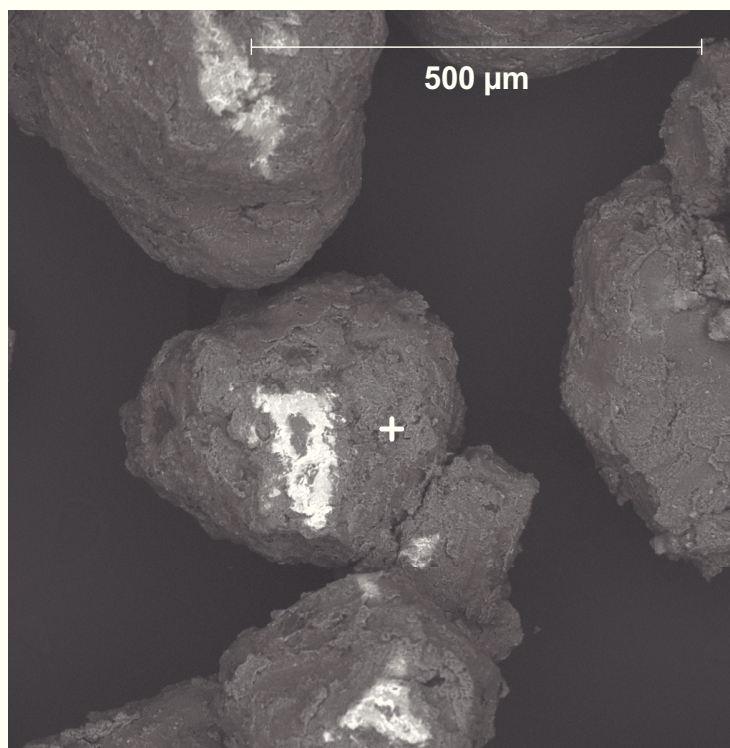
BSE

accelerating voltage = 20.0 kV

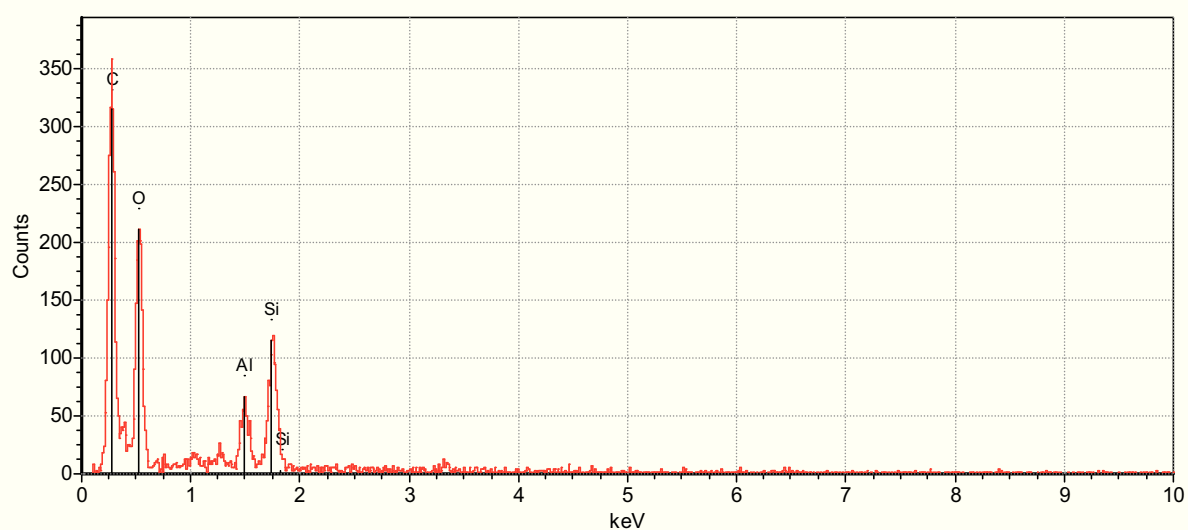
working distance = 17.8 mm

spot size = 20.0%

live time = 33.85



BSE

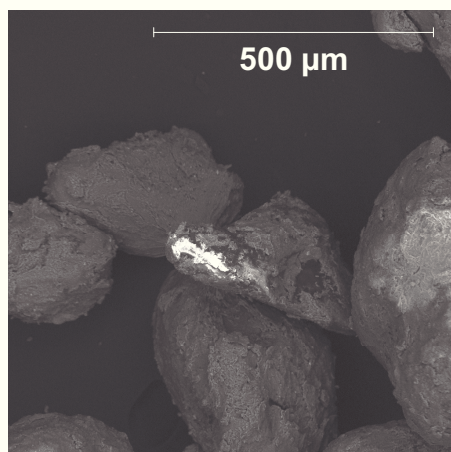


Obr. 17 JBS s 50 % Cold Box jader pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy

Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech, vypsány pouze prvky s obsahem nad 1 %.

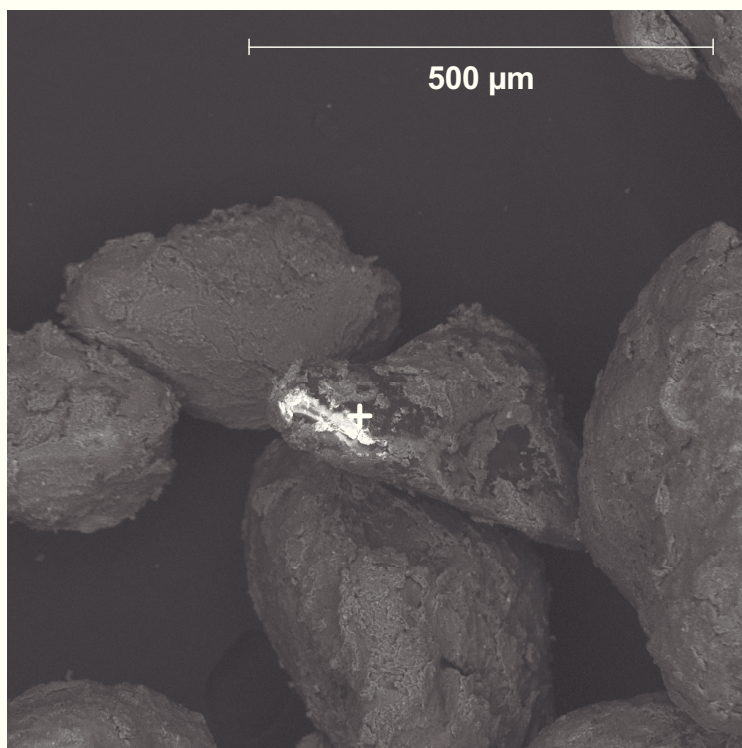
Tab. 7 Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech

Prvek	C	O	Al	Si
Obsah [%]	37,3	58,8	1,4	2,5

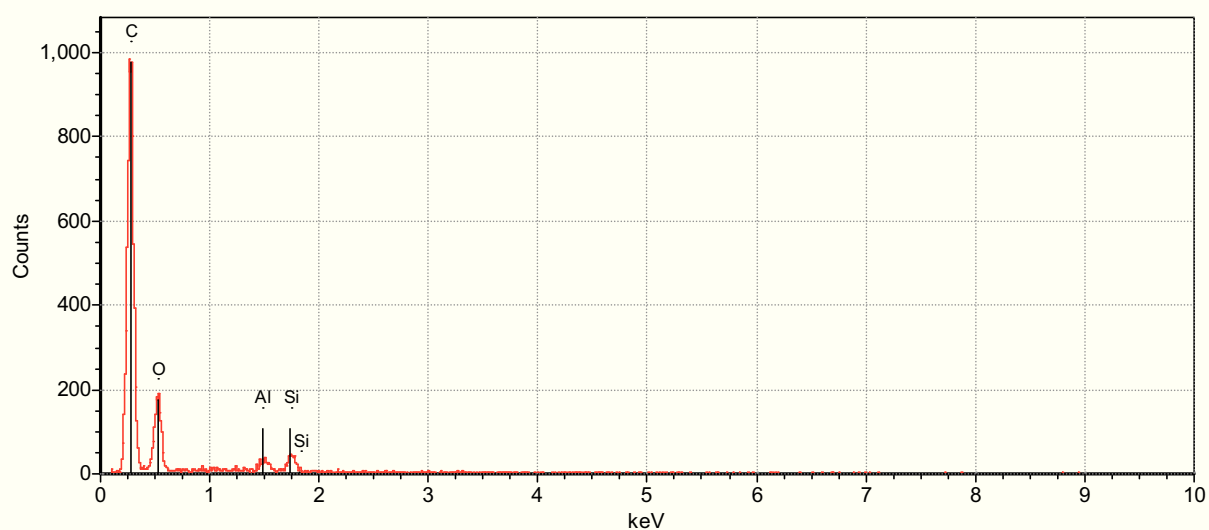


BSE

accelerating voltage = 20.0 kV
 working distance = 17.5 mm
 spot size = 20.0%
 live time = 66.60



BSE



Obr. 18 JBS s 50 % Cold Box jader pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy

Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech, vypsány pouze prvky s obsahem nad 1 %.

Tab. 8 Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech

Prvek	C	O
Obsah [%]	75	25

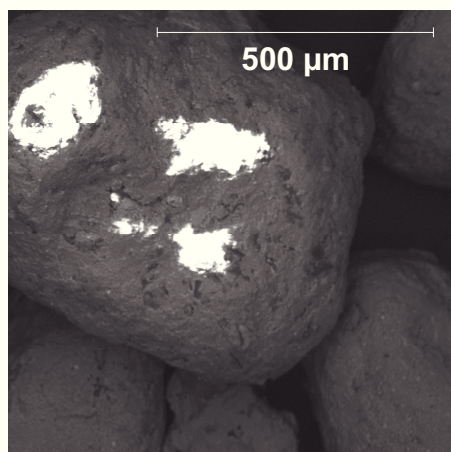
Z obrázků a EDX analýzy je jasné patrné, že u obou zkoumaných směsí se na povrchu jejich zrn vyskytoval uhlík. S největší pravděpodobností se jedná o lesklý uhlík vyloučený při vývinu plynů za tepelného rozkladu pojivových pryskyřic jader. Tento uhlík na povrchu zrn může negativně ovlivnit jejich pojení, zároveň však může zlepšit povrch odlitku. [21] Jeho tvorbu lze ovlivnit druhem použité pryskyřice nebo její zrnitostí. Hrubší zrna uvolňují lesklý uhlík v širším teplotním rozsahu. [33]

Světlé útvary na povrchu jsou místa nabitá dopadajícími elektrony při jejich zkoumání. Zrna jsou nevodivá, a proto dochází k ukládání náboje. Na samotný průběh analýzy tento faktor nemá vliv.

4.2.7 Zkoumání čisté bentonitové směsi elektronovým mikroskopem vybaveným EDX analýzou.

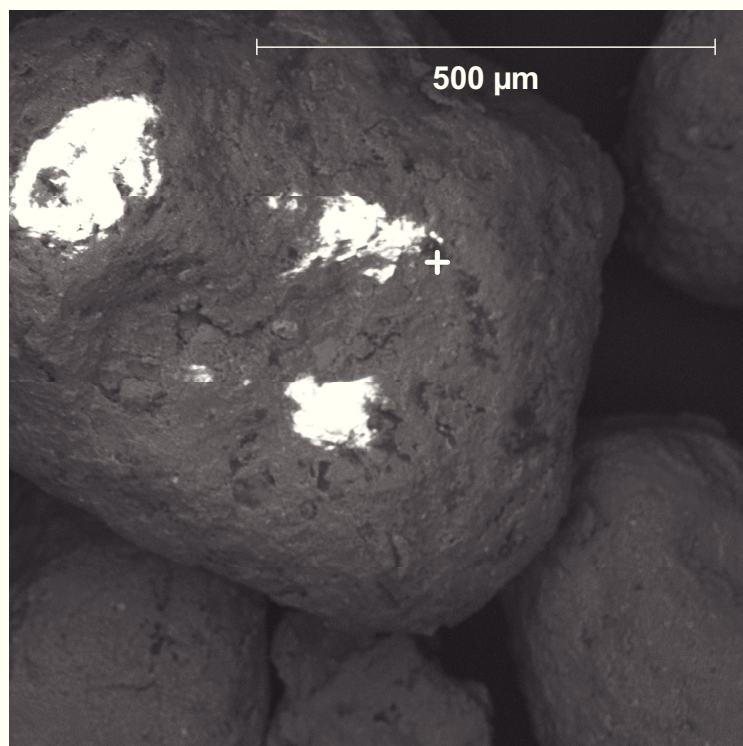
Pro kontrolu byla této analýze podrobena i čistá bentonitová směs, která sloužila jako standard pro přípravu a pro srovnání výsledků.

Pořízené snímky z mikroskopu jsou umístěny na následujících obrázcích (obr. 19, 20). Výsledky EDX analýzy jsou uvedeny v Tabulkách 9, 10.

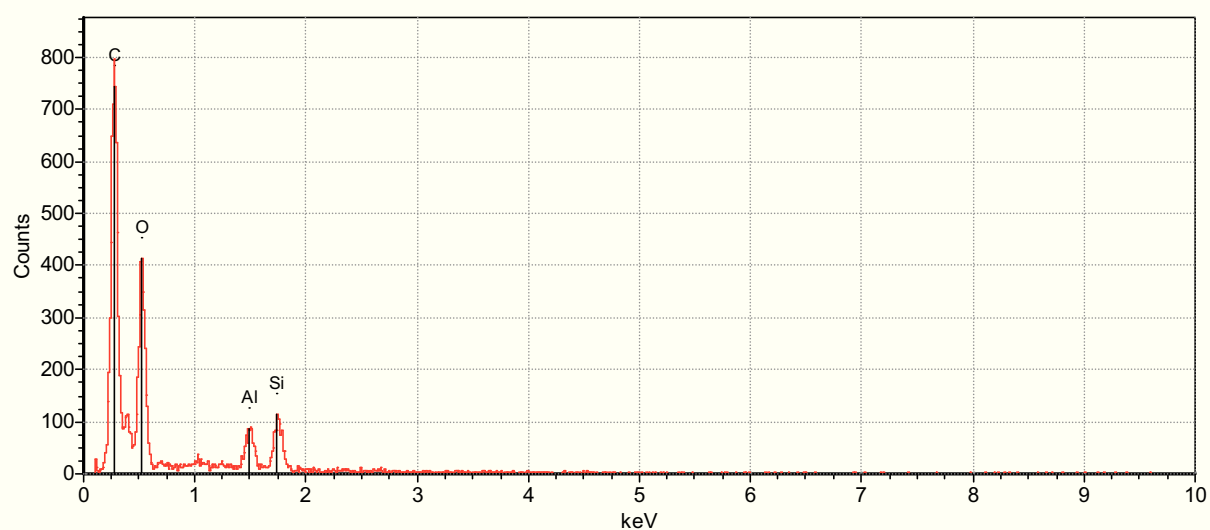


BSE

accelerating voltage = 20.0 kV
 working distance = 21.4 mm
 spot size = 25.0%
 live time = 91.25



BSE

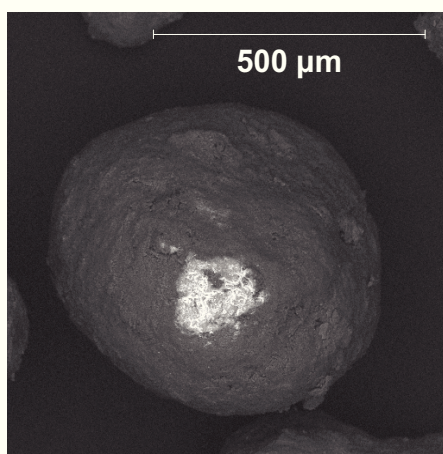


Obr. 19 JBS pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy

Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech, vypsány pouze prvky s obsahem nad 1 %.

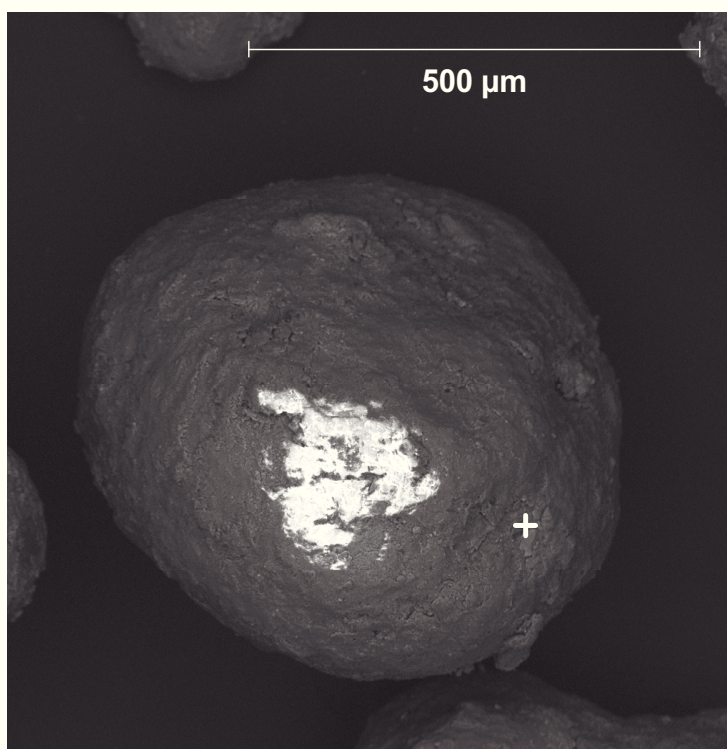
Tab. 9 Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech

Prvek	C	O
Obsah [%]	62,2	37,8

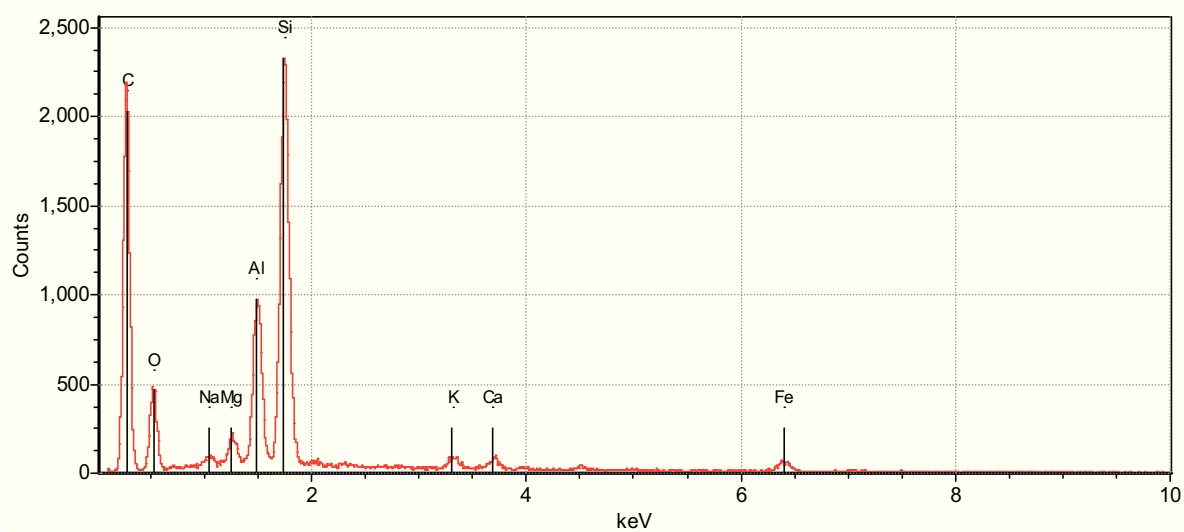


BSE

accelerating voltage = 20.0 kV
 working distance = 21.9 mm
 spot size = 25.0%
 live time = 115.65



BSE



Obr. 20 JBS pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy

Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech, vypsány pouze prvky s obsahem nad 1 %.

Tab. 10 Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech

Prvek	C	O	Al	Si	K	Fe
Obsah [%]	37,3	58,8	1,4	2,5	1,2	1,3

Výskyt uhlíku v tomto vzorku je velkým překvapením. Směs byla připravena z nepoužitého ostřiva a pojiva. Výrobce pojiva udává, že bentonit neobsahuje žádný uhlík ani uhličitany. [32] Dodavatel ostřiva rovněž nezmiňuje obsah uhlíkatých látek. [31] S ohledem na tyto skutečnosti nelze odůvodnit přítomnost toho uhlíku ve směsi. Dalším zkoumáním bylo zjištěno, že se s vysokou pravděpodobností nejedná o uhlík organického původu (pyrolýzní uhlík).

4.2.8 Měření po přidavku 50 % Hot-Box jader do JBS, celá směs žíhána 350 °C/2h 2x doba mísení

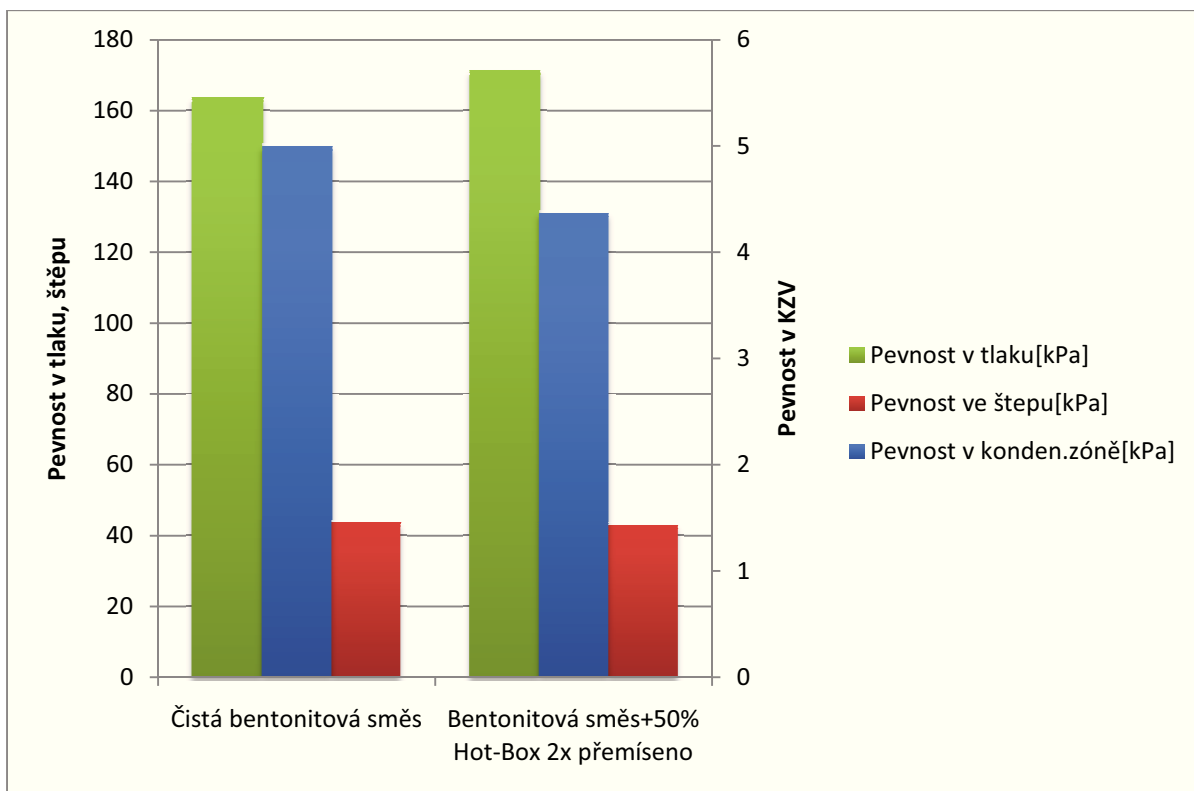
Pro ověření formy pasivace bentonitu v JBS po přidavku rozemletých jader bylo navrženo jednoduché řešení. Směs po tepelné expozici bude mísená po dvojnásobek doby, než tomu bylo při předcházejících zkouškách. Pokud se projeví razantní zlepšení vlastností, bude možno konstatovat, že se pravděpodobně jedná o pasivaci mechanismem fyzikální sorpce.

Směs připravena dle stejných kritérií jako v předchozích případech, pouze doba mísení prodloužena na 12 minut.

Aritmetický průměr naměřených hodnot je uveden v Tabulce 11 a jejich grafické znázornění v následujících grafech (obr. 21, obr. 22). Detailní výpis naměřených hodnot je uveden v příloze.

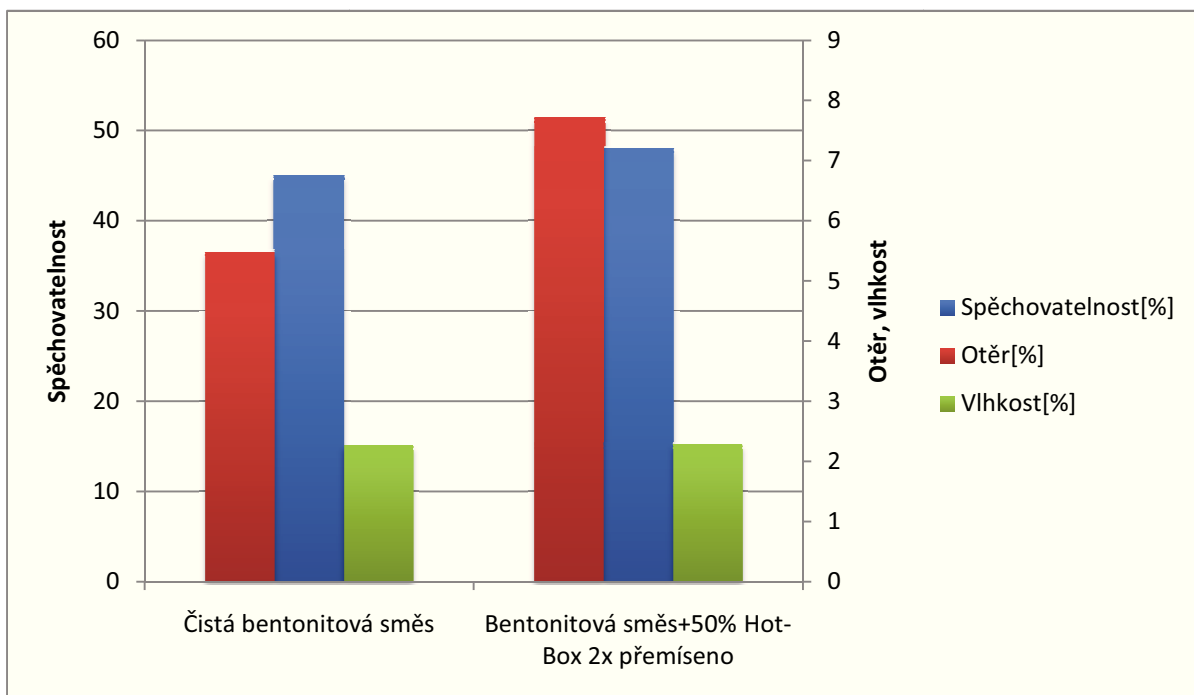
Tab. 11 Průměr naměřených hodnot s přidavkem 50 % Hot-Box jader

Směs	Pevnost v tlaku [kPa]	Pevnost ve štěpu [kPa]	Pevnost v KZV [kPa]	Otěr [%]	Vlhkost při 120°C [%]	Spěchovatelnost [%]
JBS	164	43,7	5	5,48	2,27	45
JBS+50% HB jader	171	43	4,4	7,71	2,28	48



Obr. 21 Mechanické vlastnosti směsi s přidavkem 50 % Hot-Box jader

Z grafu je patrný mírný nárůst pevnost v tlaku, pevnost ve štěpu zůstává nezměněna a pevnost v tahu v KZV zaznamenala slabý pokles.



Obr. 22 Technologické vlastnosti směsi s přidavkem 50 % Hot-Box jader

U technologických vlastností došlo k razantnímu nárůstu otěru, a to o téměř 29 %, důvodem může být ztráta povrchové vlhkosti a tudíž i schopnosti pojení na líci zkoumaného válečku.

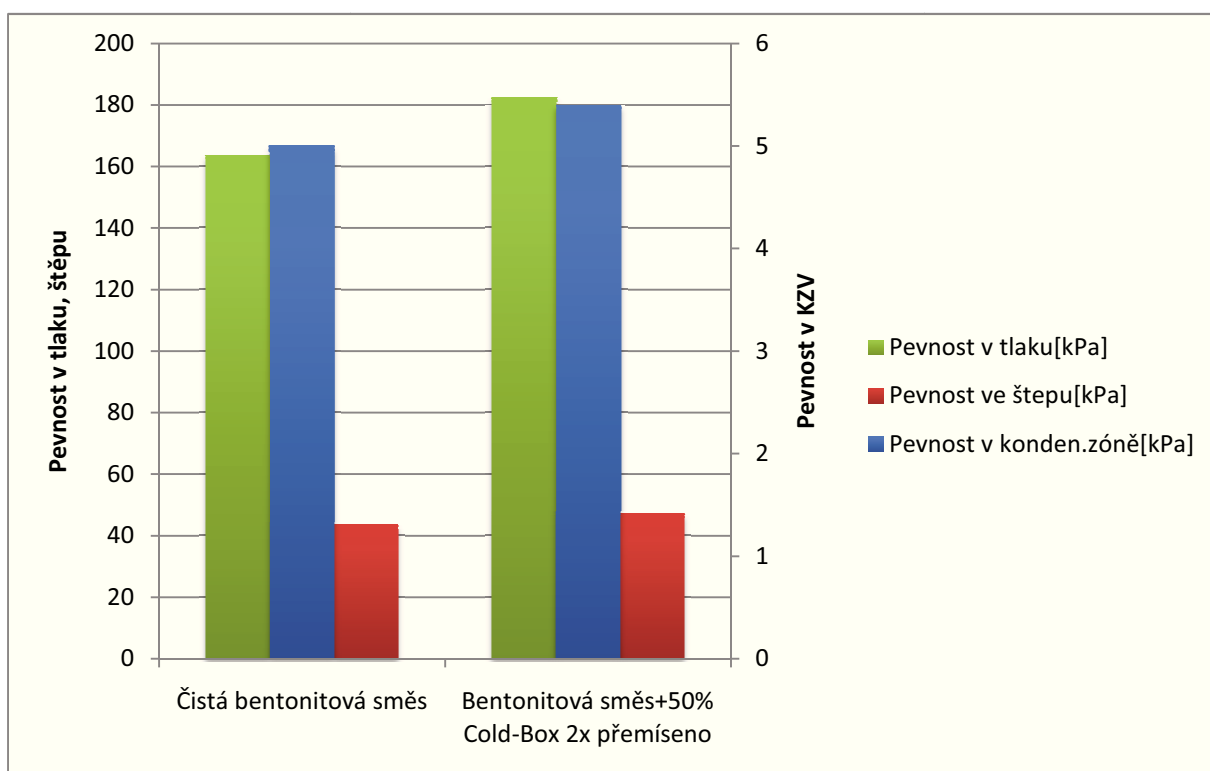
4.2.9 Měření po přidavku 50 % Cold-Box jader do JBS, celá směs žíhána 350 °C/2h 2x doba mísení

Směs připravena dle stejného složení jako v předchozím případě, doba mísení 12 minut.

Aritmetický průměr naměřených hodnot je uveden v Tabulce 12 a jejich grafické znázornění v následujících grafech (obr. 23, obr. 24). Detailní výpis naměřených hodnot je uveden v příloze.

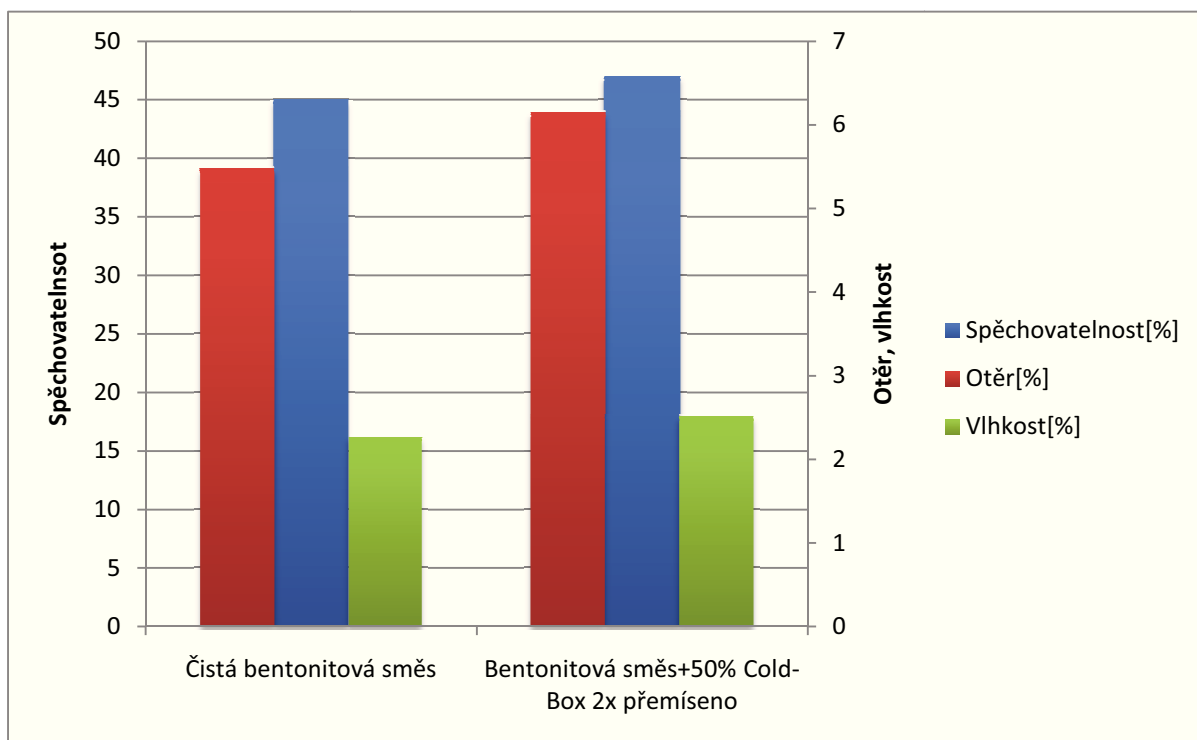
Tab. 12 Průměr naměřených hodnot JBS s přidavkem 50 % Cold-Box jader

Směs	Pevnost v tlaku [kPa]	Pevnost ve štěpu [kPa]	Pevnost v KZV [kPa]	Otěr [%]	Vlhkost při 120°C [%]	Spěchovatelnost [%]
JBS	164	43,7	5	5,48	2,27	45
JBS+50% CB jader	182	47,3	5,4	6,15	2,51	47



Obr. 23 Mechanické vlastnosti směsi s přidavkem 50 % Cold-Box jader

Z měření mechanických vlastností je patrný souhrnný nárůst. Pevnost v tlaku o 10 %, pevnost ve štěpu a pevnost v tahu v KZV se zvedly prakticky shodně o 7,5 %.



Obr. 24 Technologické vlastnosti směsi s přidavkem 50 % Cold-Box jader

Po proměření technologických vlastností je zjištěno, že opět stoupá otěr o více než 10 %, spěchovatelnost a vlhkost vykazují mírný růst.

Prodloužení doby mísení se nejvíce projevilo u přidavku Cold-Box jader. Zde lze konstatovat, že došlo k mírnému zvýšení všech mechanických vlastností. U směsi s jádry Hot-Box už tento nárůst není souhrnný, zvýšení zaznamenáno jen u pevnosti v tlaku, pevnost ve štěpu se prakticky nezměnila a pevnost v tahu v KZV dokonce klesla, hodnota otěru stoupla o 29 % při nárůstu vlhkosti. Je proto složité rozlišit, jestli se jedná o pasivaci formou fyzikální sorpce.

Jako zajímavé se jeví srovnání vlastností vyžíhaných směsí po delší době mísení a směsí s tepelně nezátíženými jádry. U Hot-Box směsí došlo ke zvýšení otěru o 43 %, naopak u Cold-Box se otěr prakticky nezměnil, ale narostla pevnost v tlaku o 25 %. Grafy pro komplexní porovnání jsou uvedeny v příloze.

4.2.10 Granulometrický rozbor zkoumaných směsí

Sítový rozbor byl proveden pro ověření vlivu přídavku jader na granulometrickou skladbu ostřiva jednotné bentonitové směsi.

4.2.10.1 Sítový rozbor ostřiva Š 35 ŠH

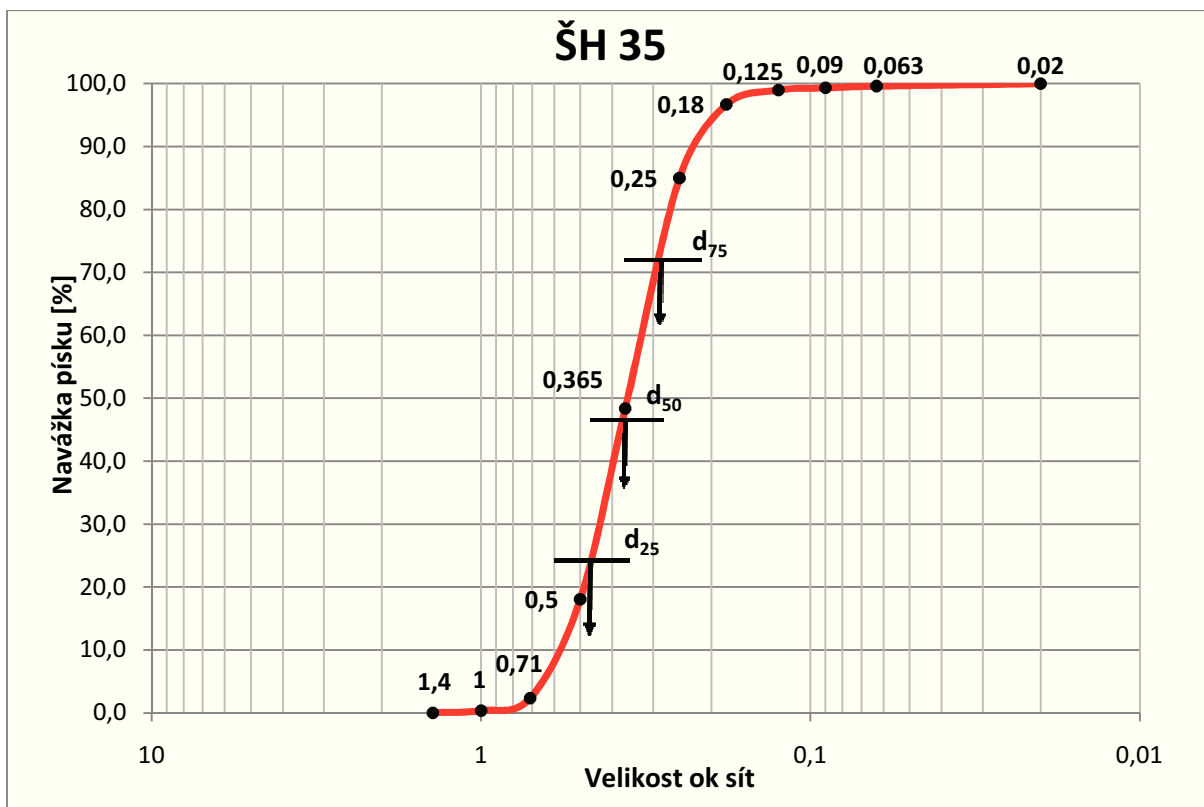
Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 13, 14 a součtová křivka je na obrázku 25.

Tab. 13 granulometrický rozbor ŠH 35

Síta [mm]	Zbytek na síti [g]	Navážka [%]	Ostřivo [%]	Součet [%]	Ni log Ni
1,400	0,0	0,0	0,0	0,0	
1,000	0,5	0,3	0,4	0,3	
0,710	2,8	1,9	2,0	2,2	0,60206
0,500	22,1	14,6	15,7	16,8	19,26592
0,365	42,7	28,3	30,3	45,1	44,31364
0,250	51,5	34,1	36,6	79,3	58,02346
0,180	16,5	10,9	11,7	90,2	12,95017
0,125	3,2	2,1	2,3	92,3	0,60206
0,090	0,5	0,3	0,4	92,7	
0,063	0,4	0,3	0,3	92,9	
0,020	0,6	0,4	0,4	93,3	
odplav. podíly	10,1	6,7			
Σ	150,9	100,0	100,0	93,3	135,7573

Tab. 14 Výsledky granulometrického rozboru ŠH 35

Log W	d_{25}	d_{50}	d_{75}	$S_s = d_{75}/d_{25}$
64,24	0,47	0,38	0,29	0,62



Obr. 25 Součtová křivka ŠH 35

4.2.10.2 Sítový rozbor JBS s přidavkem 50 % Hot-Box jader, žiháno 350 °C/2h

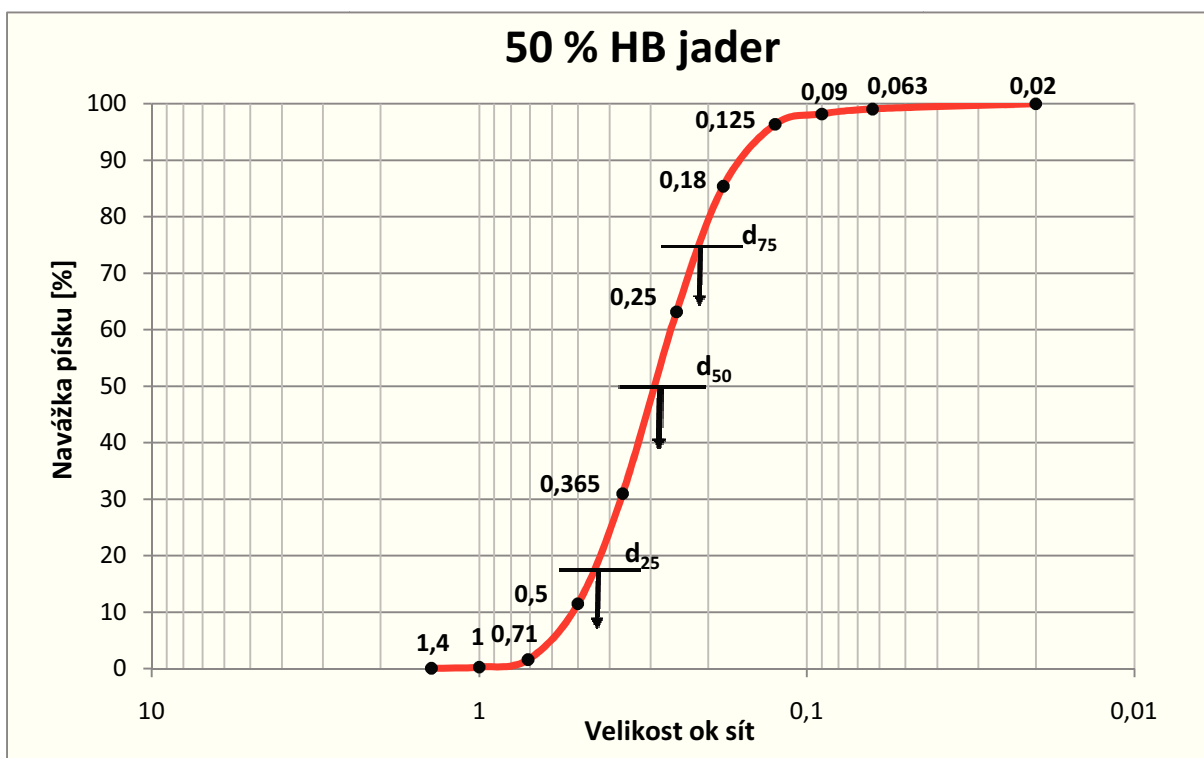
Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 15, 16 a součtová křivka je na obrázku 26.

Tab. 15 Granulometrický rozbor JBS s přidavkem 50 % Hot-Box jader, žiháno 350 °C/2h

Síta [mm]	Zbytek na síti [g]	Navážka [%]	Ostřivo [%]	Součet [%]	Ni log Ni
1,400	0,1	0,1	0,1	0,1	
1,000	0,3	0,2	0,2	0,3	
0,710	1,8	1,2	1,3	1,5	0,045532
0,500	13,5	9,0	9,9	10,4	10
0,365	26,7	17,7	19,5	28,2	26,0206
0,250	44,0	29,2	32,2	57,4	48,1648
0,180	30,4	20,2	22,2	77,6	29,5333
0,125	15,0	10,0	11,0	87,6	11,45532
0,090	2,5	1,7	1,8	89,2	0,60206
0,063	1,2	0,8	0,9	90,0	0,045532
0,020	1,3	0,9	1,0	90,9	0,045532
odplav. podíly	13,7	9,1			
Σ	150,5	100,00	100,00	90,91	125,9127

Tab. 16 Výsledky granulometrického rozboru JBS s přídatkem 50 % Hot-Box jader, žiháno 350 °C/2h

Log W	d_{25}	d_{50}	d_{75}	$S_s = d_{75}/d_{25}$
74,01	0,49	0,29	0,22	0,45



Obr. 26 Součtová křivka JBS s přídatkem 50 % Hot-Box jader, žiháno 350 °C/2h

4.2.10.3 Sítový rozbor JBS s přídavkem 50 % Cold-Box jader, žíháno 350 °C/2h

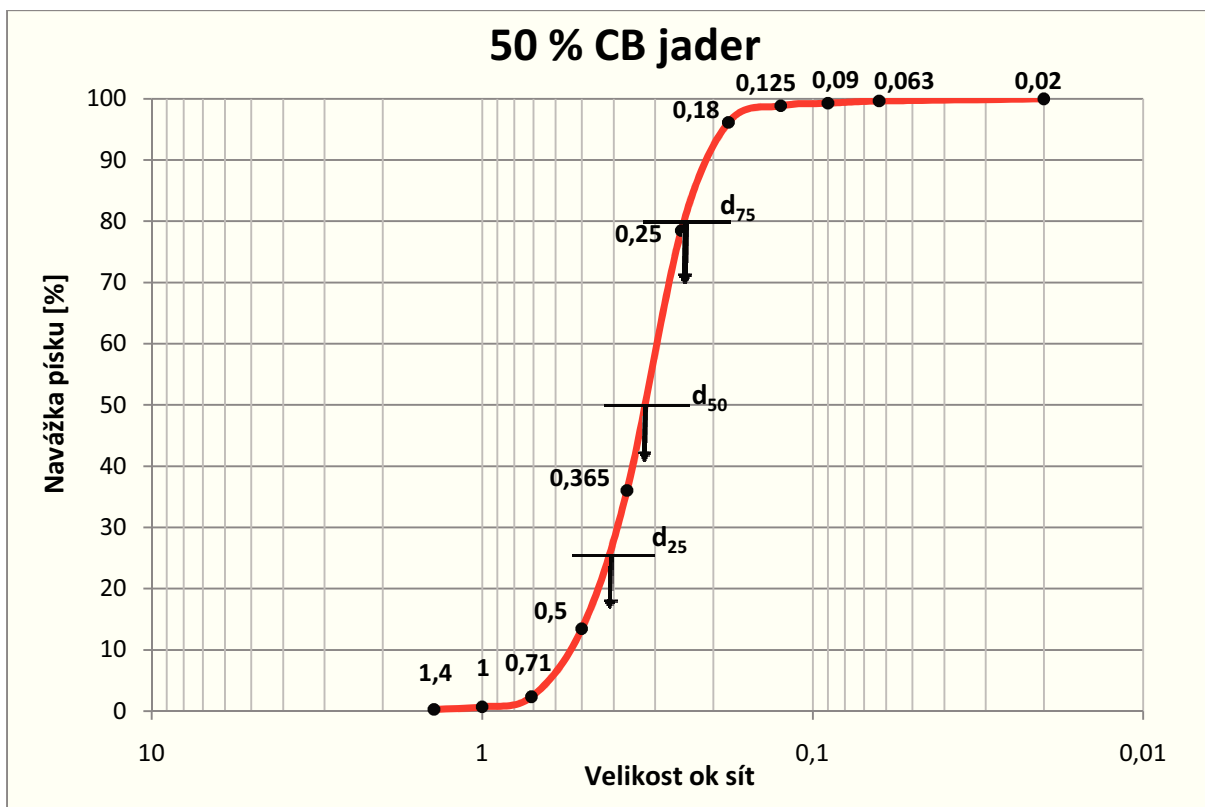
Výsledky jsou uvedeny v tabulkách 17, 18 a součtová křivka je na obrázku 27.

Tab. 17 Granulometrický rozbor JBS s přídavkem 50 % Cold-Box jader, žíháno 350 °C/2h

Síta [mm]	Zbytek na síti [g]	Navážka [%]	Ostřivo [%]	Součet [%]	Ni log Ni
1,400	0,4	0,3	0,3	0,3	
1,000	0,6	0,4	0,4	0,7	
0,710	2,3	1,5	1,6	2,2	0,60206
0,500	15,6	10,4	11,1	12,5	11,45532
0,365	31,7	21,0	22,6	33,6	31,31974
0,250	59,6	39,5	42,5	73,1	70,23914
0,180	24,8	16,5	17,7	89,6	22,59491
0,125	3,8	2,5	2,7	92,1	1,431364
0,090	0,6	0,4	0,4	92,5	
0,063	0,5	0,3	0,4	92,8	
0,020	0,5	0,3	0,4	93,2	
odplav. podíly	10,3	6,8			
Σ	150,7	100,0	100,0	93,17	137,6425

Tab. 18 Výsledky granulometrického rozboru JBS s přídavkem 50 % Cold-Box jader, žíháno 350 °C/2h

Log W	d ₂₅	d ₅₀	d ₇₅	S _s = d ₇₅ /d ₂₅
62,35	0,43	0,32	0,23	0,53



Obr. 27 Součtová křivka JBS s přidavkem 50 % Hot-Box jader, žíháno 350 °C/2h

Granulometrickým rozbořem se projevílo očekávané zjemnění a rozduření jednotlivých frakcí zrna na jeho klíčových ukazatelích, stupni stejnorodosti ostřiva a velikosti středního zrna ostřiva. (viz. Tabulka 19)

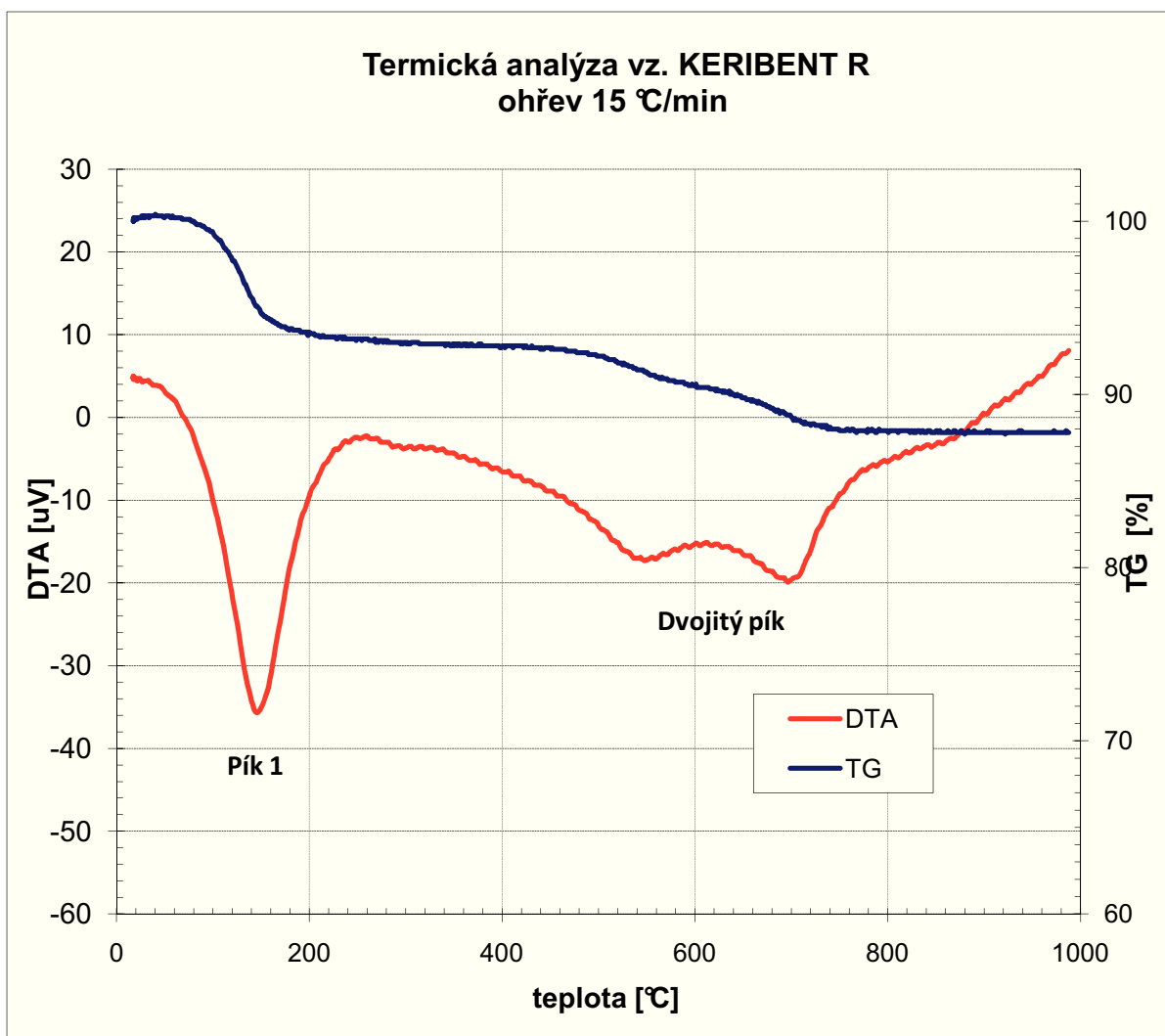
Tab. 19 Zjemnění zrna ostřiva

	ŠH 35	ŠH 35 + Hot-Box	ŠH 35 + Cold-Box
d_{50}	0,38	0,29	0,32
Stupeň stejnorodosti	0,62	0,45	0,53

4.2.11 Diferenční termická analýza a termogravimetrie (DTA/TG)

Dalším cílem diplomové práce bylo stanovení fyzikálně-chemických změn použitého bentonitu (KERIBENT R) v důsledku tepelné expozice (350 °C/2 hod) formovací směsi. Ideální analytickou metodou pro studium těchto změn je diferenční termická analýza (DTA/TG).

4.2.11.1 DTA/TG čistého bentonitu KERIBENT R

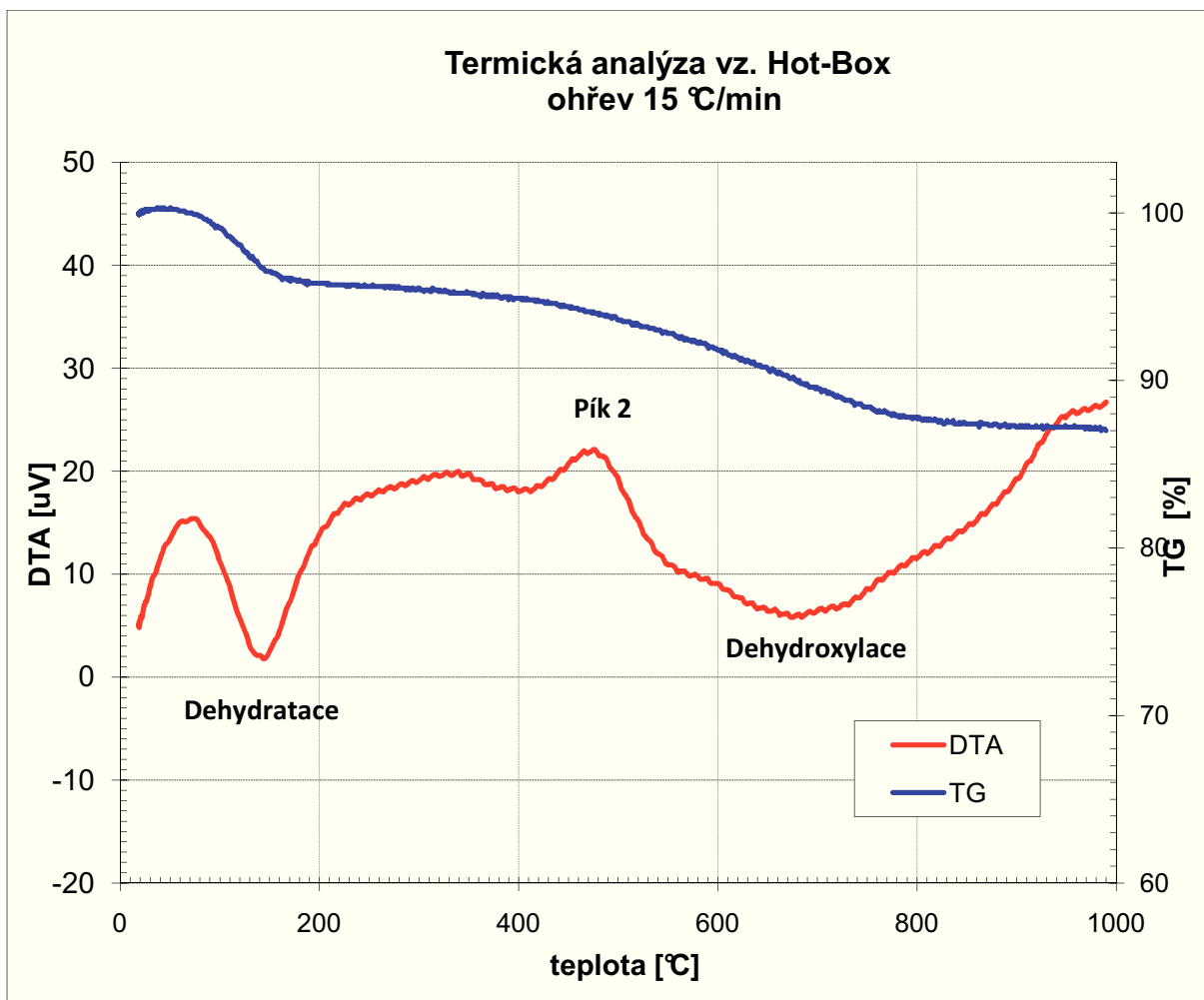


Obr. 28 DTA/TG analýza bentonitu KERIBENT R

Křivky diferenciální termické (DTA/TG) analýzy původního bentonitu zobrazuje obr. 28. První (endotermický) pík zachycuje jeho dehydrataci, která je doprovázena ztrátou hmotnosti o 7 %. Tvar a velikost píku závisí na mnoha parametrech, které mohou vést ke dvojitým nebo i trojitým píkům. Další dvojitý pík (endotermický) je píkem dehydroxylace, první extrém při 550 °C, druhý je typický při 700 °C. [34] Při dehydroxylaci ztratil bentonit 5 % hmotnosti.

4.2.11.2 DTA/TG bentonitu ze směsi obsahující jádra Hot-Box

Pro tuto analýzu bylo potřeba získat ze směsi s jádry HB po tepelné expozici bentonit. Toho bylo docíleno jeho odplavením, následným odsedimentováním ve vodní lázni a vysušením.

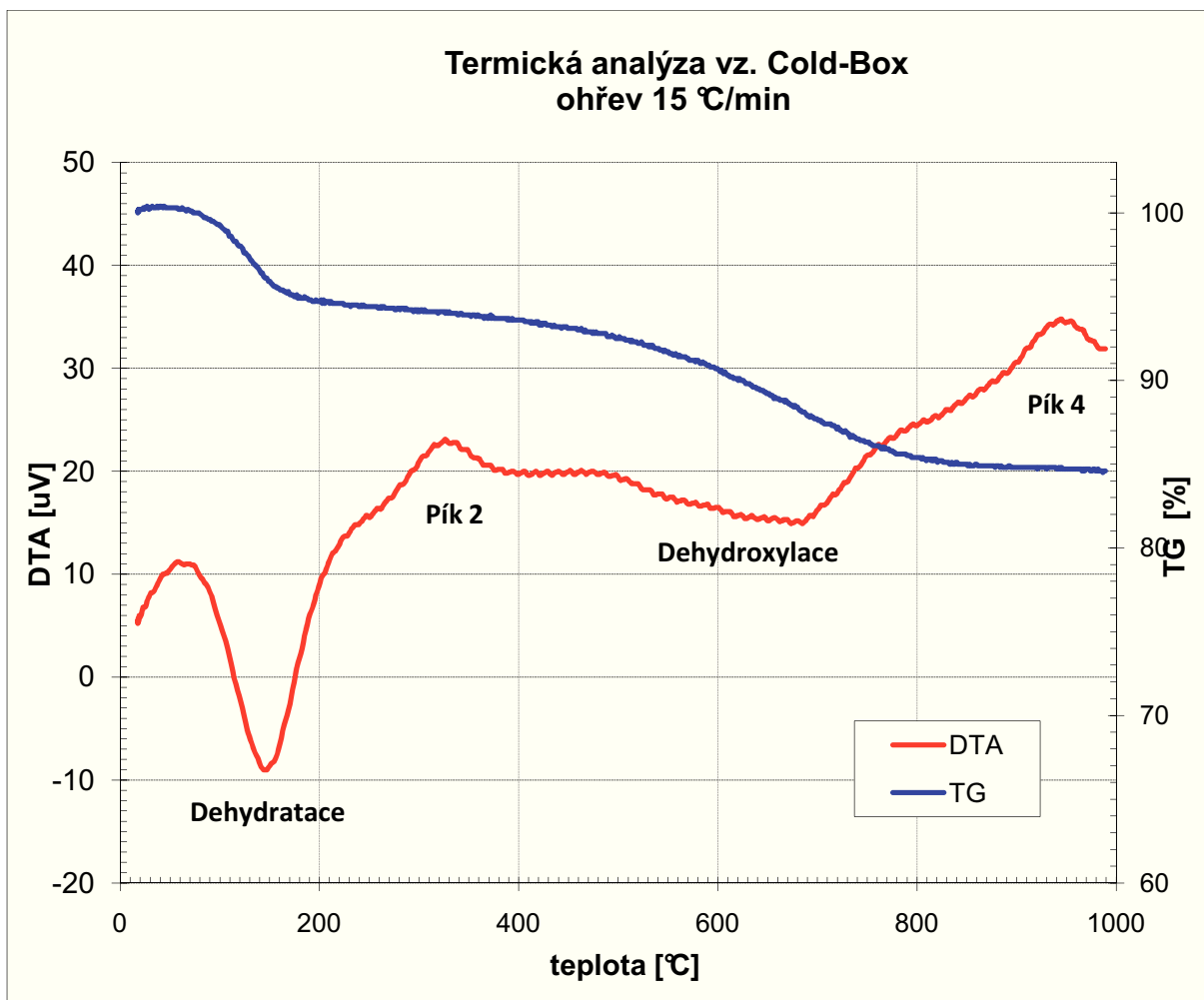


Obr. 29 DTA bentonitu s jádru Hot-Box

Z obrázku 29 je jasné patrný pík dehydratace (endtermický). Bentonit po tepelné expozici by neměl obsahovat molekulovou vodu, protože ale k jeho získání bylo použito vyplavení a sedimentace ve vodní lázni, došlo k jeho rehydrataci. Proto můžeme vidět i pík dehydratace, při které došlo k ztrátě 4,5 % hmotnosti. Dále je vidět druhý pík (exotermický); tvar a velikost píku mohlo způsobit uvolnění (spálení) zbytků organických kationtů. [34] Poslední, značně roztažený (jednoduchý) pík je důsledkem dehydroxylace. Rychlost dehydroxylace a teplota extrémního píku závisí na povaze vyměnitelného kationtu. Protokol z měření je uveden v příloze.

4.2.11.3 DTA/TG bentonitu ze směsi obsahující jádra Cold-Box

Pro tuto analýzu byl získán bentonit ze směsi obsahující jádra Cold-Box. Pro jeho získání bylo použito stejného postupu jako v předešlém měření.



Obr. 30 DTA bentonitu s jádry Cold-Box

I z obrázku 30 je patrný pík dehydratace (endotermický), která je důsledkem rehydratace bentonitu z vodní lázně, dle [34] tento proces probíhá, pouze pokud teplota žíhání nepřesáhne 350-450 °C, při jejím překročení vyžaduje rehydratace i stovky dnů. Dehydratace byla provázena ztrátou hmotnosti 5,5 %. Druhý pík (exotermický) by opět mohl být zapříčiněn uvolněním (spálením) zbytků organických kationtů. [34] Další pík (endotermický) je opět píkem dehydroxylace za ztráty 6,5 % hmotnosti. Čtvrtým píkem (exotermickým) je dle [34] způsoben krystalizací vysokoteplotní fáze; proces závisí na chemickém složení a typu vyměnitelného kationtu. Protokol z měření je uveden v příloze.

DTA/TG analýza prokázala změny vlastností bentonitu, který prodělal tepelnou expozici spolu s formovací směsí se zbytky organických jader.

5 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce je posoudit vliv kritického množství (50 %) dvou vybraných organických systémů (Hot-Box a Cold-Box) používaných pro výrobu jader na mechanické a technologické vlastnosti jednotné bentonitové směsi.

V první části práce byl posuzován vliv tepelně nezátížených organických jádrových směsí na jednotnou bentonitovou směs. Po vyhodnocení výsledků provedených zkoušek nelze konstatovat, že by měla kontaminace 50 % jádrových směsí negativní vliv na bentonitovou formovací směs. Je důležité poznamenat, že použitá směs neobíhala ve výrobním procesu forem a k její přípravě v laboratoři byly použity čerstvé suroviny. Výsledek měření lze ztotožnit se závěry [21], který také pracoval s nežíhanými jádry v laboratorních podmínkách.

V další části měření byla směs spolu s jádry vystavena tepelné expozici (350 °C/2h), která měla částečně simulovat podmínky ve slévárenské formě po odlévání. Ani zde však nebyl prokázán zásadní vliv na technologické vlastnosti směsi. Což je v nesouladu s výsledky, které prezentuje [23]. Nicméně [25] uvádí, že při praktickém ověřování jeho měření ve slévárně nedošlo k žádnému poklesu mechanických vlastností, ba dokonce k jejich zvýšení.

Abychom ověřili, že při tepelné expozici došlo k pyrolýze organických produktů z jader, což se provedením mechanických a technologických zkoušek neprokázalo, bylo předmětem dalšího zkoumání odhalení filmu lesklého uhlíku na povrchu zrna. Výsledky z elektronového mikroskopu a EDX analýzy toto jednoznačně potvrzují. Podle [35] nemají tyto filmy žádný vliv na zhoršení vlastností směsí. Naopak [23, 25] popisují vliv pyrolýzních látek především v pevnosti v tahu v kondenzační zóně.

Následující soubor zkoušek měl ověřit pasivaci bentonitu ve směsi vlivem fyzikální sorpce pyrolýzních produktů. Pasivace měla být potlačena delším přemíslením celé směsi. Z výsledků nelze jednoznačně poukázat na pasivaci formou fyzikální sorpce. U směsí s jádry Cold-Box došlo k mírnému nárůstu všech pevností, ale zvýšil se i otěr. Směs s Hot-Box jádry tento nárůst prakticky nezaznamenala, hodnota jejího otěru rovněž vzrostla.

Další fáze měření měla zaznamenat změnu granulometrické skladby ostřiva po přidání jádrové směsi. Přídavek jádrové směsi se projevil zjemněním a rozdělením jednotlivých frakcí ostřiva.

Poslední část práce měla prověřit, zda použitý bentonit prodělává při tepelné expozici, které je spolu se směsí vystaven, fyzikálně-chemické změny. DTA/TG analýza potvrdila, že tyto změny probíhají. Jedná se patrně o uvolnění (spálení) zbytků organických kationtů, které adsorbovaly na povrchu při pyrolýze organických jader.

Na závěr je nutné poznamenat, že celé měření proběhlo v laboratorních podmínkách, směsi byly připraveny z čistých a nepoužitých surovin. Formovací směs neobíhala v procesu výroby forem, jak je v praxi běžné. Bez praktického ověření výsledků práce v provozu nelze vyloučit, zda kontaminace formovací směsi (50 % jader) nebude kritická pro její další použití, i když prokázané laboratorní výsledky tuto variantu jednoznačně nepotvrzují.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CHRÁST, J. Zařízení na výrobu forem ze směsí pojených bentonitem. *Slévárství*. 2007, 55, č. 11-12, s. 511-522.
- [2] TILCH, W.; GREFHORST, C.; W. KLEIMANN, W. Bentonite als Formstoffbinder: eine praxisnahe Bewertung der Eigenschaften. *Giessere - Praxis*. 2002, č. 2, s. 53-62.
- [3] TILCH, W. Požadavky na bentonitové formovací směsi pro inovované postupy formování a lití. *Slévárství*. 2000, 48, č. 2-3, s. 84-89.
- [4] JELÍNEK, P. *Pojivové soustavy slévárenských formovacích směsí*. 1. vydání. Ostrava, 2004. 241 s. ISBN 80-239-2188-6.
- [5] JELÍNEK, P. *SLÉVÁRENSKÉ FORMOVACÍ SMĚSI II. část: Pojivové soustavy formovacích směsí*. Ostrava, 1996. 241 s. ISBN 80-7078-326-5.
- [6] JELÍNEK, P. *Slévárství*. 4. vydání. Ostrava: VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2000. 261 s.
- [7] RUSÍN, K. *Slévárenské formovací materiály*. Praha: SNTL, 1991. 392 s. ISBN 80-30-00278-8.
- [8] PÍŠEK, F.; PLEŠINGER, A. *Slévárství I: Obecná část*. 2. vydání. Praha: SNTL, 1974. 499 s.
- [9] DUDA, J. Bentonit, tisíce způsobu použití. *Slévárství*. 2007, 55, č. 11-12, s. 535-536
- [10] ČÍČEL, B.; NOVÁK, I.; HORVÁTH, I. *Minerológia a kryštalochémia ílov*. Bratislava: VEDA, vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1981. 253 s.
- [11] RIBKE, J.; KAWATRA, K. Can fly-ash extend bentonite binder for iron ore agglomeration?. *International Journal of Mineral Processing*. 2000, č. 60, s. 181-198.
- [12] Bentonit Centrum Experimentální Geotechniky [online]. 2011, Poslední změna 23.3.2011 [cit. 2011-03-28]. Dostupný z WWW: <<http://ceg.fsv.cvut.cz/vyzkum/bentonit>>.

- [13] SHRBENÁ, B. *BENTONIT A JEHO VYUŽITÍ: Sborník přednášek konference*. Most: KERAMOST a.s., 1996. POUŽITÍ A PRODUKCE BENTONITŮ V ČR A VE SVĚTĚ, s. 17 - 39
- [14] BRÜMMER, Gregor. Přednosti jednotných směsí z bentonitu, prostředků na tvorbu lesklého uhlíku a jiných přísad. *Slévárenství*. 2000, 48, č. 2-3, s. 102-109.,
- [15] PEIKEROVÁ, S. Srovnávací studie fyzikálně-chemických a technologických vlastností vybraných českých bentonitů. In ŠTASTNÝ, M. *Informátor: ČESKÁ SPOLEČNOST PRO VÝZKUM A VYUŽITÍ JÍLŮ*. Praha: Česka společnosti pro výzkum a použití jílu, 2008. s. 2-4
- [16] JELÍNEK, P., Tepelná stabilita bentonitů - část I. *Slévárenství*. 1995, č. 43, 1., s. 31-35.
- [17] JELÍNEK, P. IONTOVÁ VÝMĚNA U MONTMORILLONITICKÝCH JÍLŮ A JEJÍ DŮSLEDKY. In *XII KONFERENCJA ODLEWNICZA TECHNICAL 2010 : Odlewnictwo XXI wieku technologie, maszyny i urządzenia odlewnicze*. Lwówek Śląski, 2010. s. 119-126.
- [18] JELÍNEK P.; HAVLÍČEK, F.: Kondenzační zóna a její důsledky. *Výzkumná zpráva státního úřadu*, č. F-6-41-36/3, říjen 1970, VŠB Ostrava, HUF
- [19] WEICKER, G.; VONDRÁČEK, R. Speciální pojivové systémy Cold Box a jejich alternativy pro výrobu jader ve slévárnách slitin lehkých kovů. *Slévárenství*. 1999, č. 47, 5, s. 265-283.
- [20] LÖCHTE, K. Working with the Cold Box Process in the Coremaking Department of a Foundry. In. Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, 1998. s. 21.
- [21] DUDA, J. Vliv zbytků jádrové směsi na vlastnosti jednotné formovací směsi a typy pro kontrolu vašeho systému přípravy jednotné bentonitové směsi. Svinčice: KERAMOST a.s, 2000. s. 13
- [22] BEDNÁŘOVÁ, V.; BEŇO, J.; KŘÍŽ, J. Možnosti využití zmetkových jader s organickými pojivy jako náhrady nového písku do jednotné bentonitové směsi. In. *Acta Metallurgica Slovaca Conference*. 2010. s. 8, GRANLUND, Matt J. How Green Sand Systems are Impacted by Core Sand Dilution. *Modern Casting*. 1999, s. 35-37.

- [23] BOENISCH, D.; RUHLAND, N. *Giesserei*. 1996, č. 83, 11, s. 17-22.
- [24] KVAŠA, F. S.; TUMANOVA, L. P. Vliv zbytků jader na vlastnosti formovací směsi. *Litějnoje proizvodstvo*. 2005, 2005, č. 1, s. 13-16.
- [25] KVAŠA, F. S.; TUMANOVA, L. P. Vliv zbytků jader na vlastnosti formovací směsi. *Litějnoje proizvodstvo*. 2005, 2005, č. 2, s. 12-15.
- [26] FORMSERVIS, spol. s r.o. *Zkoušení formovacích a jádrových směsí: Metody a postupy*. Brno: 2006. 122 s
- [27] JUREČKA, P.; NEBESÁŘOVÁ, J. Skenovací elektronový mikroskop (SE) ve službách biologie. Ostrava: OU, 2010. s. 18. Dostupné také z WWW: http://petr.juracka.eu/user_files/skripta/ZOBME_Juracka_Nebesarova_SEM.pdf,
- [28] E. Wenninger, Water—Clay Entities on Grain Surfaces as Defined by a Scanning-type Electron Microscope, *AFS Transactions* **78** (1970) American Foundrymen's Society, Proceedings of the Seventy-Fourth Annual Meeting.]
- [29] DANIHEL, L. Energo-disperzná mikroanalýza EDX (Energy-Dispersive X-ray Analysis). [online]. 2008 [cit. 2011-04-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.fmed.uniba.sk/index.php?id=1730>>
- [30] PINKAS, J.; LOSOS, Z. Úloha 8. Termická analýza. *Seznam úloh*. Brno: Masarykova univerzita, [online]. 2004 [cit. 2011-04-04]. Dostupné z WWW: http://sci.muni.cz/chemsekce/c8870/pdf/Uloha8_Termanal.pdf
- [31] *Kerkosand spol. s r.o.* [online]. 2011, Poslední změna 20.10.2010 [cit. 2011-04-15]. Dostupný z WWW: < <http://www.kerkosand.sk/index1.htm>>.
- [32] *Keramost a.s.* [online]. 2011, Poslední změna 23.03.2011 [cit. 2011-04-15]. Dostupný z WWW: < <http://www.keramost.cz/cs/produkty/bentonit/pro-slevarenstvi/>>.
- [33] ANDRÉ, D.; IVANOV, S. Vývoj vysoce jakostních nosičů lesklého uhlíku v HA France orientovaný na potřeby zákazníků na úrovni dnešních technických a ekologických požadavků. *Slévárství*. 2008, č. 56, 3-4, s. 136-139.

- [34] FAJNOR, V. Š.; LESÁK, K. Differential Thermal Analysis of Montmorillonite. *Journal of Thermal Analysis*. 1996, č. 46, s. 489-493.
- [35] NARO, R. Influence of Chemical Binder Core Sand Contamination on Green Sand Molding Properties - 25 Years of Controversy. *AFS Transactions*. 2004, č. 112, s. 19.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Struktura buňky bentonitu [11]	12
Obr. 2 Vaznost bentonitové směsi na obsahu bentonitu a vody [4]	15
Obr. 3 Účinnost různých solí na iontovou výměnu [5]	17
Obr. 4 Přehled zastoupení jednotlivých metod výroby jader [19].....	19
Obr. 5 Fenol-formaldehydová kondenzace v zásaditém prostředí [5].....	22
Obr. 6 Vznik pevné uretanové pryskyřice z fenolové pryskyřice s polyizokyanátem a triethylaminem [5]	24
Obr. 7 Mechanické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Hot-Box jader	32
Obr. 8 Technologické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Hot-Box jader.....	32
Obr. 9 Mechanické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Cold-Box jader	33
Obr. 10 Technologické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Cold-Box jader.....	34
Obr. 11 Mechanické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Hot-Box jader	35
Obr. 12 Technologické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Hot-Box jader.....	36
Obr. 13 Mechanické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Cold-Box jader	37
Obr. 14 Technologické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Cold-Box jader	38
Obr. 15 JBS s 50 % Hot Box jader pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy	39
Obr. 16 JBS s 50 % Hot Box jader pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy	40
Obr. 17 JBS s 50 % Cold Box jader pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy.....	42
Obr. 18 JBS s 50 % Cold Box jader pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy.....	43
Obr. 19 JBS pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy.....	45
Obr. 20 JBS pod mikroskopem a výsledek EDX analýzy	46
Obr. 21 Mechanické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Hot-Box jader	48
Obr. 22 Technologické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Hot-Box jader.....	48
Obr. 23 Mechanické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Cold-Box jader	49
Obr. 24 Technologické vlastnosti směsi s přídavkem 50 % Cold-Box jader.....	50
Obr. 25 Součtová křivka ŠH 35.....	52
Obr. 26 Součtová křivka JBS s přídavkem 50 % Hot-Box jader, žíháno 350 °C/2h	53
Obr. 27 Součtová křivka JBS s přídavkem 50 % Hot-Box jader, žíháno 350 °C/2h	55
Obr. 28 DTA/TG analýza bentonitu KERIBENT R	56
Obr. 29 DTA bentonitu s jádry Hot-Box	57
Obr. 30 DTA bentonitu s jádry Cold-Box	58

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Průměr naměřených hodnot JBS s přidavkem 50 % Hot-Box jader	31
Tab. 2 Průměr naměřených hodnot JBS s přidavkem 50 % Cold-Box jader	33
Tab. 3 Průměr naměřených hodnot JBS s přidavkem 50 % Hot-Box jader	35
Tab. 4 Průměr naměřených hodnot s přidavkem 50 % Cold-Box jader.....	37
Tab. 5 Obsahy prvků v místě EDX analýzy	40
Tab. 6 Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech.....	41
Tab. 7 Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech.....	42
Tab. 8 Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech.....	43
Tab. 9 Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech.....	45
Tab. 10 Obsahy prvků v místě EDX analýzy v atomových procentech.....	46
Tab. 11 Průměr naměřených hodnot s přidavkem 50 % Hot-Box jader.....	47
Tab. 12 Průměr naměřených hodnot JBS s přidavkem 50 % Cold-Box jader	49
Tab. 13 granulometrický rozbor ŠH 35	51
Tab. 14 Výsledky granulometrického rozboru ŠH 35.....	51
Tab. 15 Granulometrický rozbor JBS s přidavkem 50 % Hot-Box jader, žíháno 350 °C/2h..	52
Tab. 16 Výsledky granulometrického rozboru JBS s přidavkem 50 % Hot-Box jader, žíháno 350 °C/2h.....	53
Tab. 17 Granulometrický rozbor JBS s přidavkem 50 % Cold-Box jader, žíháno 350 °C/2h	54
Tab. 18 Výsledky granulometrického rozboru JBS s přidavkem 50 % Cold-Box jader, žíháno 350 °C/2h.....	54
Tab. 19 Zjemnění zrna ostřiva.....	55

PŘÍLOHY

PŘÍLOHY

Příloha 1. Přehled naměřených hodnot JBS použité jako standard

	JBS použitá jako standard			Ø naměřených hodnot
Spěchovatelnost [%]	45			45
Pevnost v tahu v KZV [kPa]	5,1	4,7	5,2	5,0
Pevnost ve štěpu [kPa]	46	43	42	43,7
Pevnost v tlaku [kPa]	175	152	164	164
Otěr [%]	5,42	5,33	5,68	5,48
Vlhkost [%]	2,27			2,27
Doba mísení [min]	6			6

Příloha 2. Přehled naměřených hodnot JBS + 50 % Hot-Box jader

	JBS + 50% Hot-Box jader			Ø naměřených hodnot
Spěchovatelnost [%]	47			47
Pevnost v tahu v KZV [kPa]	5,2	4,7	4,5	4,8
Pevnost ve štěpu [kPa]	35	37	36	36
Pevnost v tlaku [kPa]	150	146	145	147
Otěr [%]	4,54	5,09	3,41	4,35
Vlhkost [%]	2,43			2,43
Doba mísení [min]	6			6

Příloha 3. Přehled naměřených hodnot JBS + 50 % Hot-Box jader, žíháno 350°C/2h

	JBS + 50% žíhaných Hot-Box jader			Ø naměřených hodnot
Spěchovatelnost [%]	45			45
Pevnost v tahu v KZV [kPa]	5,2	4,8	4,1	4,7
Pevnost ve štěpu [kPa]	38	39	36	37,7
Pevnost v tlaku [kPa]	161	148	166	158
Otěr [%]	4,82	5,53	5,28	5,21
Vlhkost [%]	2,21			2,21
Doba mísení [min]	6			6

Příloha 4. Přehled naměřených hodnot JBS + 50 % Hot-Box jader, žíháno 350°C/2h, 2x doba mísení

	JBS + 50% žíhaných Hot-Box jader			Ø naměřených hodnot
Spěchovatelnost [%]	48			48
Pevnost v tahu v KZV [kPa]	4,3	4,5	4,3	4,4
Pevnost ve štěpu [kPa]	44	43	42	43
Pevnost v tlaku [kPa]	179	158	177	171,3
Otěr [%]	7,76	9,61	5,76	7,71
Vlhkost [%]	2,28			2,28
Doba mísení [min]	12			12

Příloha 5. Přehled naměřených hodnot JBS + 50 % Cold-Box jader

	JBS + 50% Cold-Box jader			Ø naměřených hodnot
Spěchovatelnost [%]	43			43
Pevnost v tahu v KZV [kPa]	5,0	5,6	4,9	5,2
Pevnost ve štěpu [kPa]	45	49	43	45,7
Pevnost v tlaku [kPa]	131	135	145	137
Otěr [%]	6,14	5,67	7,09	6,30
Vlhkost [%]	2,08			2,08
Doba mísení [min]	6			6

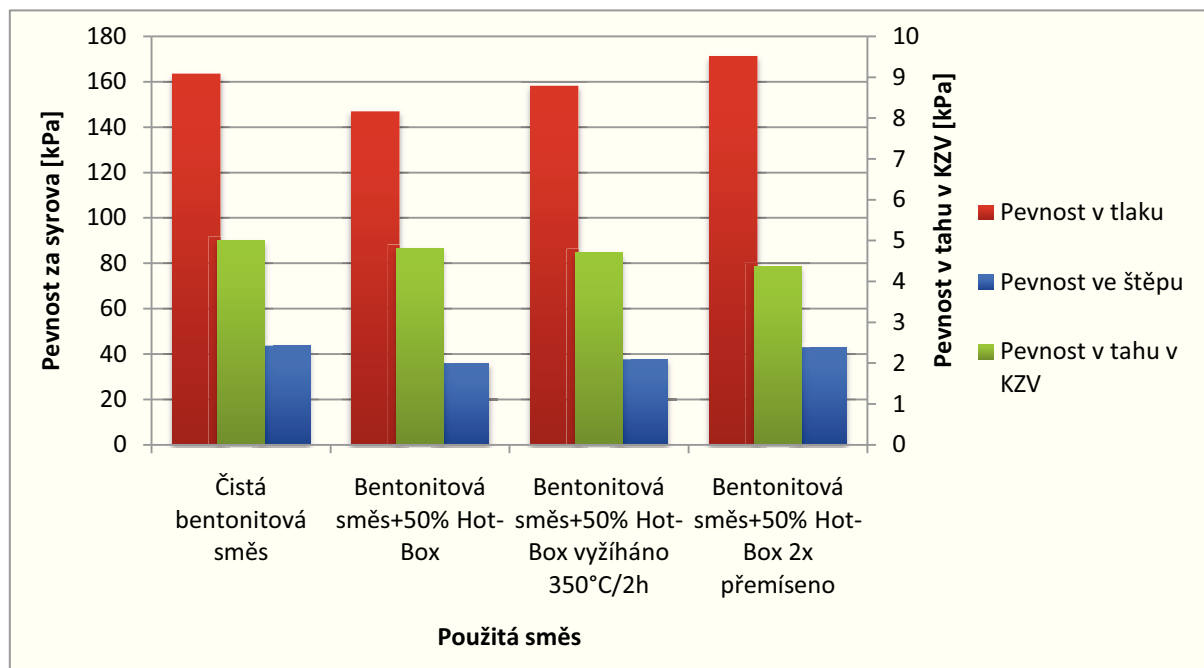
Příloha 6. Přehled naměřených hodnot JBS + 50 % Cold-Box jader, žíháno 350°C/2h

	JBS + 50% žíhaných Cold-Box jader			Ø naměřených hodnot
Spěchovatelnost [%]	48			48
Pevnost v tahu v KZV [kPa]	4,5	4,3	4,6	4,5
Pevnost ve štěpu [kPa]	39	44	45	42,7
Pevnost v tlaku [kPa]	155	146	163	155
Otěr [%]	1,94	2,23	2,18	2,12
Vlhkost [%]	2,36			2,36
Doba mísení [min]	6			6

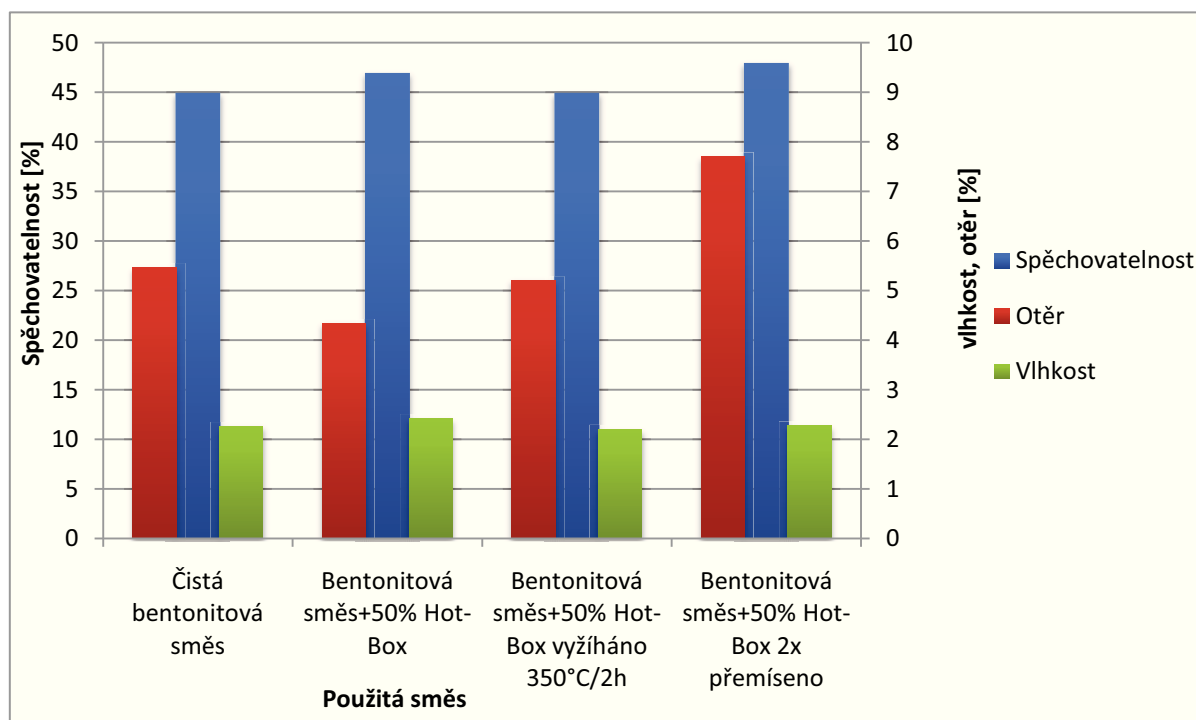
Příloha 7. Přehled naměřených hodnot JBS + 50 % Cold-Box jader, žíháno 350°C/2h, 2x doba mísení

	JBS + 50% žíhaných Cold-Box jader			Ø naměřených hodnot
Spěchovatelnost [%]	47			47
Pevnost v tahu v KZV [kPa]	5,4	5,3	5,5	5,4
Pevnost ve štěpu [kPa]	43	51	48	47,3
Pevnost v tlaku [kPa]	176	184	187	182
Otěr [%]	7,54	5,68	5,22	6,15
Vlhkost [%]	2,51			2,51
Doba mísení [min]	12			12

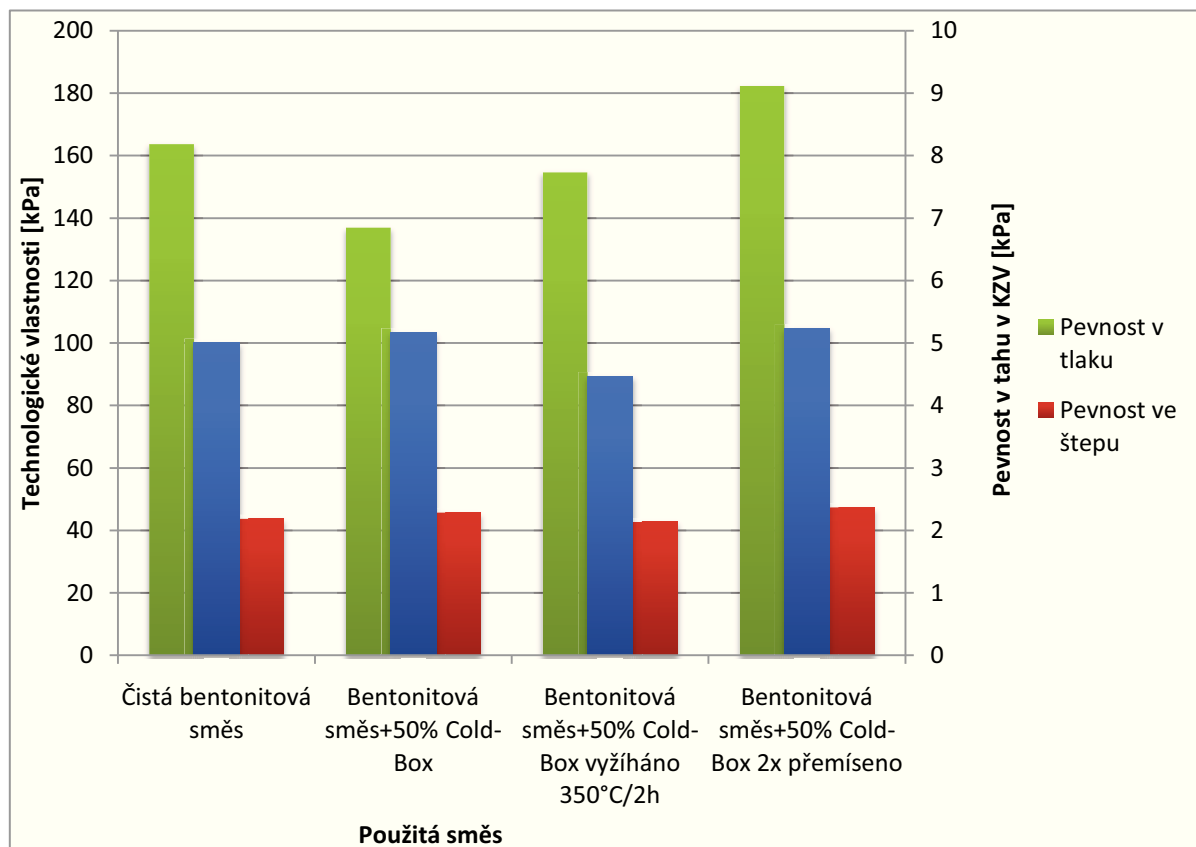
Příloha 8. Mechanické vlastnosti JBS a směsí s přísávkou Hot-Box jader



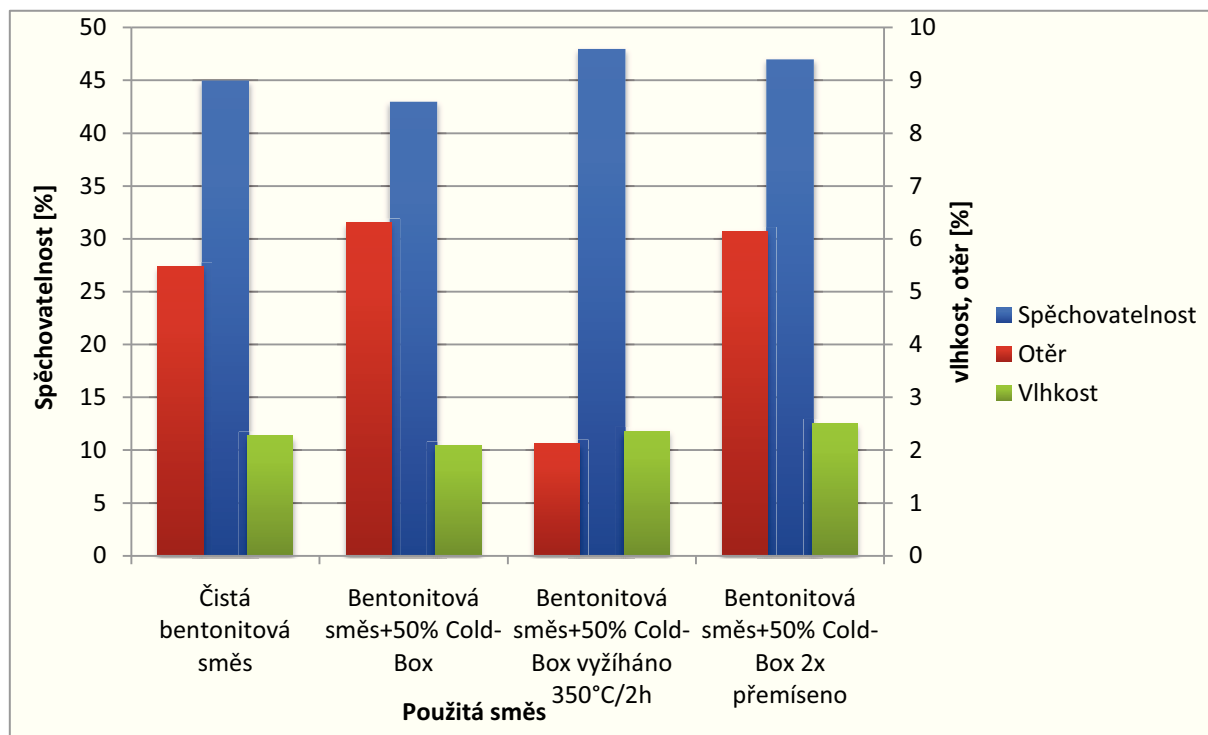
Příloha 9. Technologické vlastností JBS s směsí s přísádky Hot-Box jader



Příloha 10. Mechanické vlastnosti JBS a směsí s přísádky Cold-Box jader



Příloha 11. Technologické vlastnosti JBS a směsí s přísadkou Col-Box jader



Příloha 12. Protokol o provedení DTA/TG analýzy bentonitu s přidavkem Hot-Box jader

VŠB Ostrava Katedra slévarensství	PROTOKOL TERMICKÉ ANALÝZY	Datum 06-04-2011 Čas 11:01:52 Archivní soubor: 0004x
--------------------------------------	--------------------------------------	--

Označení vzorku: **H/1**

Hmotnost: 108.00000 mg

Režim ohřevu: bentonit.reg

Ohřev/Ochlazování: 15.0 °C/min

Chemické složení:

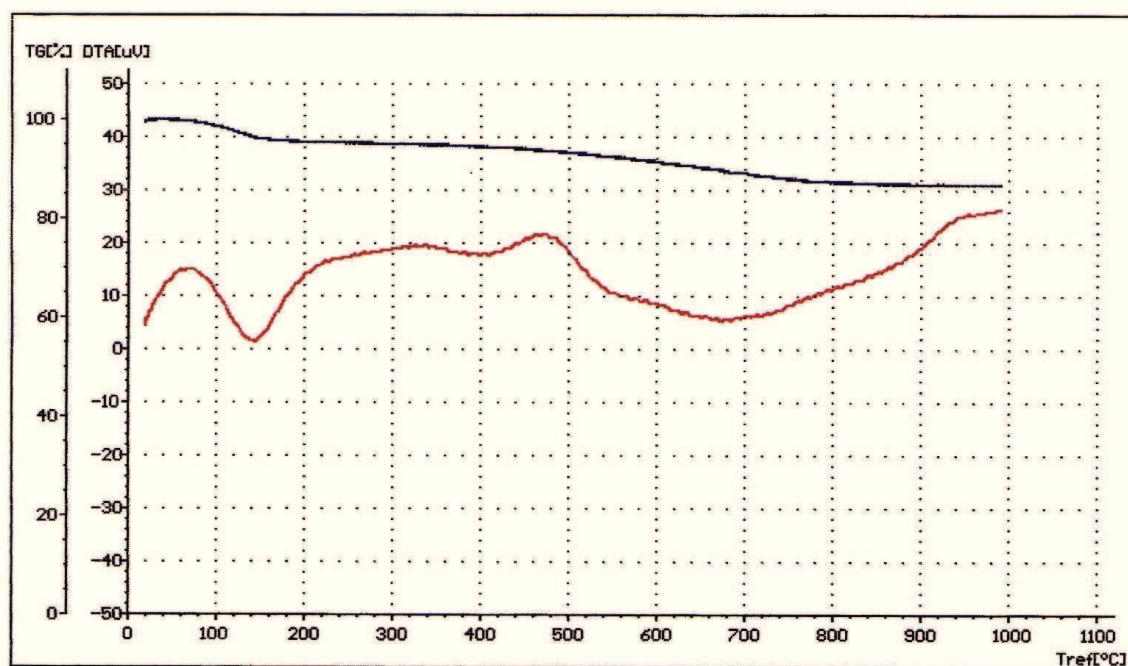
Typ kelímku: 2

Materiál kelímku: keramika

Typ měřicí tyče: 1

Popis vzorku: vz. výplavy 50% HotBox jader, ozn. H, měř.1

Poznámka:



DASFOS v.o.s. OSTRAVA

Příloha 13. Protokol o provedení DTA/TG analýzy bentinitu s přidavkem Cold-Box jader

VŠB Ostrava Katedra slévarensství	PROTOKOL TERMICKÉ ANALÝZY	Datum 05-04-2011 Čas 11:58:18 Archivní soubor: 0003x
--	--	--

Označení vzorku: **C/1**

Hmotnost: 131.40000 mg

Režim ohřevu: bentonit.reg

Ohřev/Ochlazování: 15.0 °C/min

Chemické složení:

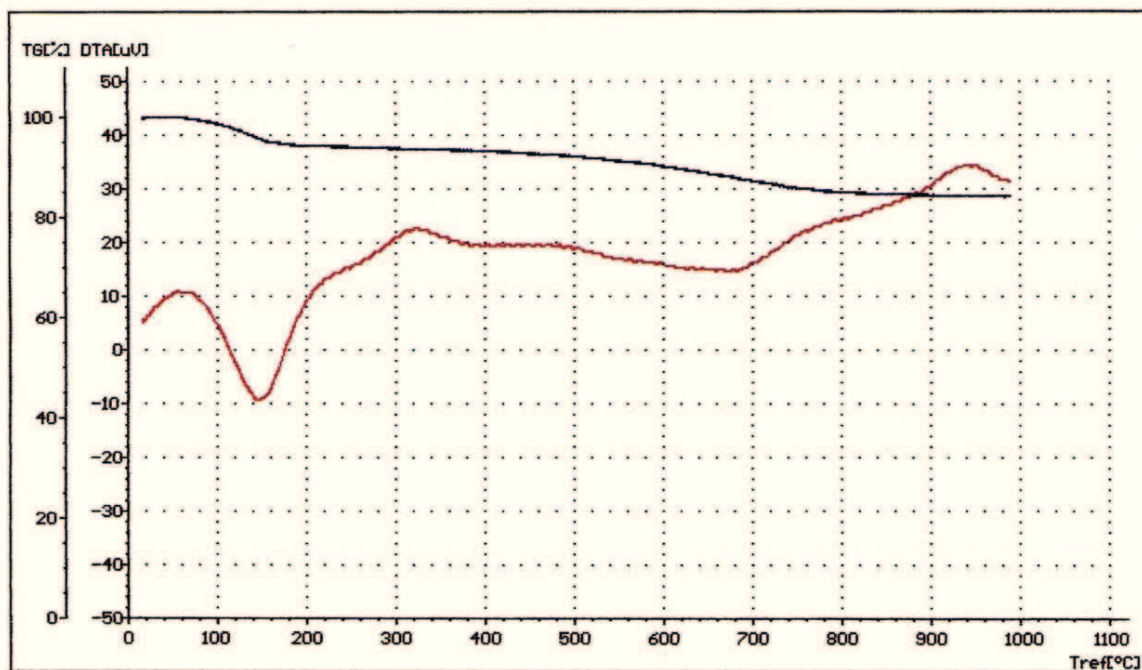
Typ kelímku: 2

Materiál kelímku: keramika

Typ měřicí tyče: 1

Popis vzorku: vz. výplavy 50% CB jader ozn. C, měření 1

Poznámka:



DASPOS v.o.s. OSTRAVA

THERMOPHEN 1002

Pojivo pro metodu Hot-Box

TECHNICKÁ DATA:

Složení:	Čistá fenolová pryskyřice
Obsah dusíku:	pod 0,1%
Hustota(20 °C):	ca. 1,22 g/cm ³
Viskozita (20 °C):	700 - 1000 mPa.s

ZVLÁŠTNÍ VÝHODY:

Výhodou pryskyřice **THERMOPHEN 1002** je to, že díky nízkému obsahu dusíku je eliminován vznik dusíkatých bodlin v odlitcích. Pryskyřice se vyznačuje i vysokými hodnotami pevností v ohybu za tepla i za studena.

OBLAST POUŽITÍ:

THERMOPHEN 1002 se užívá pro odlitky ze šedé litiny, tvárné litny, oceli i barevných kovů.

ZPRACOVÁNÍ:

Písek musí být čistý, suchý a prostý alkalických nečistot. Kromě křemičitého písku se může také chromitový používat. Míchání se provádí tak, že se do písku postupně přidávají tvrdidlo a míchá se 1 minutu a pak pryskyřice a míchá se nejméně 2 minuty. Zpracovatelnost je v uzavřených nádobách při pokojové teplotě minimálně 6 hod, v otevřených nádobách kratší.

Dávkování: Podle typu písku a požadovaných pevností.

1,2 - 2,5 % **THERMOPHEN 1002**

20 - 25 % HÄRTER HP 30 vztaženo na pryskyřici

ADITIV:

Jako přísada k **THERMOPHEN 1002** se používá aditiv FURTOPHOB 2 ke zlepšení tekutosti a zvýšení ořezuvzdornosti jader. Rovněž se tím zvyšuje skladovatelnost jader.

MANIPULACE:

THERMOPHEN 1002 je při manipulaci všeobecně bezproblémový. Přesto je dobré pro citlivé osoby nosit ochranné brýle a rukavice, aby se zabránilo alergickým reakcím.

SKLADOVÁNÍ:

THERMOPHEN 1002 je v uzavřených nádobách skladovatelný pod 20 °C 3 měsíce, při vyšší teplotě se skladovatelnost zkracuje.

Tento list má sloužit pro informaci. Nelze z něj však odvodit jakékoli závazky, jež se týkají použití našich výrobků.

HÄRTER HP 30

Härter pro metodu Hot-Box

TECHNICKÁ DATA:

Složení:	Vodnatý roztok solných kyselin
Vzhled:	nazelenalá až růžově zbarvená kapalina
Hustota(20 °C):	ca. 1,23 g/cm ³
pH:	max.1,0

OBLAST POUŽITÍ:

HÄRTER HP 30 je vhodný pro vytvrzování Hot-Box pryskyřice THERMOPHEN 1002. Vyznačuje se mimořádnou konečnou pevností. Používá se k výrobě malých až středních velikostí jader pro odlitky z litiny i oceli.

ZPRACOVÁNÍ:

Podle výrobních informací u hotboxových pryskyřic.

Dávkování: 20 - 25 % **HÄRTER HP 30** vztaženo na pryskyřici.

MANIPULACE:

HÄRTER HP 30 obsahuje kyseliny, a je proto leptavý. Je důležité dodržovat ochranná opatření, které jsou obvyklé pro zacházení s kyselinami. Při práci s nimi se doporučují nosit ochranné rukavice a brýle. Při styku s pokožkou se postižené místo musí okamžitě opláchnout studenou vodou.

SKLADOVÁNÍ:

V uzavřených nádobách do 20 °C 6 měsíců. **HÄRTER HP 30** by neměl být pod -5 °C skladován z důvodu krystalizace. Zpětným ohřátím na cca 40 °C se krystaly přemění opět v roztok a tvrdidlo je opět použitelné.

Tento list má sloužit pro informaci. Nelze z něj však odvodit jakékoli závazky, jež se týkají použití našich výrobků.

METODA COLD - BOX

ASKOCURE 300 EP 3929

VLASTNOSTI

ASKOCURE 300 EP 3929 je pryskyřičná komponenta pro postup Ashland Cold-Box a vykazuje spolu s ASKOCURE 600 FW 3 dobré pevnosti. Silně redukuje tvorbu výronků, vyznačuje se dobrou odolností vůči vlhkosti a vodním nátěrům. Zlepšená vyjímatelnost jader z jaderníků.

PARAMETRY

Chem. označení: benzyléterová pryskyřice
v rozpouštědlech
Měr. hmot.při 20 °C: 1,05 – 1,10 g/cm³
Viskozita při 25 °C: 150 - 280 mPa.s
Bod vzplanutí DIN 53213: 56 °C

SKLADOVAT

6 měs. za normálních podmínek

TECHOLOGICKÉ SMĚRNÉ HODNOTY

Písková směs: 100 kg H32
0,8 % ASKOCURE 300 EP 3929
0,8 % ASKOCURE 600 FW 3

Pevnost v ohybu: N/cm ² (20 °C, 50 % rel.v.v.)	okamžitá	30min.	60min.	24hod.
	180	450	500	550

ZACHÁZENÍ S ASKOCURE 300 FW 2

Žádné zbytky pojiv nesmíchávat s ASKOCURE díl 2. Materiály reagují za silného vývoje tepla. Skladování mezi 10 - 30 °C. Chránit před otevřeným ohněm. Výpary z rozpouštědel mohou dráždit sliznici. Vyvarujte se vdechování výparů. Potřísněnou pokožku omývejte větším množstvím vody a mýdla, popř. použijte „Lutrol“, je-li k dispozici. Při vniknutí do očí vyplachujte větším množstvím vody. Vyhledejte očního lékaře.

OZNAČENÍ

Další údaje jsou uvedeny v bezpečnostním listu

Výše uvedené údaje mají poradit podle nejlepších znalostí, jsou však pro nás nezávazné. Za škody způsobené nevhodným použitím neneseme odpovědnost.

METODA COLD - BOX

ASKOCURE 600 FW 3

VLASTNOSTI

ASKOCURE 600 FW 3 je polyisokyanátová komponenta pro postup ASHLAND Cold-box. Optimálních vlastností se dosáhne zpracováním s ASKOCURE 300 EP 3929.

PARAMETRY

Chem. označení: polyisokyanát v rozpouštědlech
Měr. hmot.při 20 °C: 1,10 – 1,17 g/cm³
Viskozita při 25 °C: 15-27 mPas
Bod vzplanutí DIN 53213: 58 °C

SKLADOVATELNO

6 měs. za normálních podmínek

TECHOLOGICKÉ SMĚRNÉ HODNOTY

Písková směs: 100 kg H32
0,8 % ASKOCURE 300 EP 3929
0,8 % ASKOCURE 600 FW 3

Pevnost v ohybu: N/cm ² (20 °C, 50 % rel.v.v.)	okamžitá	30min.	60min.	24hod.
	180	450	500	550

ZACHÁZENÍ S ASKOCURE 600 FW 2

Askocure složky 1 a 2 se nesmí smíchat dohromady. Materiály reagují za silného vývinu tepla. S vodou reaguje ASKOCURE díl 2 za vývinu CO₂. Nárůst tlaku v uzavřených nádobách. Skladování mezi 10 - 30 °C. Chránit před otevřeným ohněm, chladem a vlhkostí. Výpary z rozpouštědel mohou dráždit sliznici a při vyšších koncentracích mohou působit narkoticky. Vyvarujte se proto vdechování výparů. Potřísněnou pokožku omývejte větším množstvím vody a mýdla, popř. použijte „Lutrol“, je-li k dispozici. Při vniknutí do očí vyplachujte větším množstvím vody. Vyhledejte očního lékaře. Láhve s tekutinou k výplachu očí nutno umístit v blízkosti pracoviště.

OZNAČENÍ

Další údaje jsou uvedeny v bezpečnostním listu

Výše uvedené údaje mají poradit podle nejlepších znalostí, jsou však pro nás nezávazné. Za škody způsobené nevhodným použitím neneseme odpovědnost.

TECHNICKÝ LIST

COLD BOX

KATALYSATOR 704

Vlastnosti

KATLYSATOR 704 je katalysátor pro postup Cold-Box. Slouží k vytvrzování pryskyřičných systémů Cold-box ASKOCURE a ECOCURE. Ve zplyňovacím přístroji se katalysátor rozprašuje a pod tlakem se pak profukuje přes jaderník naplněný formovací směsí. Jako nosný plyn se může použít vedle vzduchu zbaveného vlhkosti také dusík nebo CO₂. S horkovzdušným systémem se může dále zkrátit doba zaplyňování a množství katalysátoru. Nespotřebovaný katalysátor pro vytvrzování je nutno z pracovního prostoru odsát.

Parametry

Chemické označení:	Terciární amin
Měrná hmotnost [20°C]:	0,73 g/cm ³
Bod varu:	65,0 °C
Bod vzplanutí DIN 51755:	27,0 °C

Skladovatelnost

V dobře uzavřených nádobách bez omezení. Chránit před vlhkostí.

Zacházení s

KATALYSATOR 704

Vyvarovat se vdechování výparů, potřísnění pokožky a očí. Při styku s kůží je nutné omytí větším množstvím vody a mýdla, popřípadě „Lutrolem“. Je-li k dispozici. Při vniknutí do očí vypláchnout větším množstvím vody a Z bezpečnostních důvodů vyhledat očního lékaře. Láhve s tekutinou pro Výplach očí je nutno mít připravené v blízkosti pracoviště. VGD směrnice G 630 obsahuje pokyny pro zacházení s aminovými katalysátory.

Označení

Další údaje jsou uvedeny v bezpečnostním listu

94.05.12749

Výše uvedené údaje mají poradit podle nejlepších znalostí, jsou však pro nás nezávazné. Za škody způsobené nevhodným použitím neneseme odpovědnost.